

INTEGRATED MODULAR PROCESSING PLATFORM**Publication number:** JP2001237297**Publication date:** 2001-08-31**Inventor:** TEPMAN AVI; TODD CRAIG B; YU JAMES ENHAO; KIM DAEHWAN
DANIEL; BUCHNER CHRIS; KUMAR SHIV**Applicant:** APPLIED MATERIALS INC**Classification:****- International:** C23C14/50; H01L21/00; H01L21/205; H01L21/302; H01L21/3065;
H01L21/677; C23C14/50; H01L21/00; H01L21/02; H01L21/67; (IPC1-7);
H01L21/68; C23C14/50; H01L21/205; H01L21/3065**- European:** H01L21/00S2Z2; H01L21/00S2D; H01L21/00S2Z2C; H01L21/00S2Z4;
H01L21/00S2Z6; H01L21/00S2Z8; H01L21/00S2Z9; H01L21/677B4**Application number:** JP20000365524 20001130**Priority number(s):** US19990451628 19991130**Also published as:**

EP1107288 (A2)

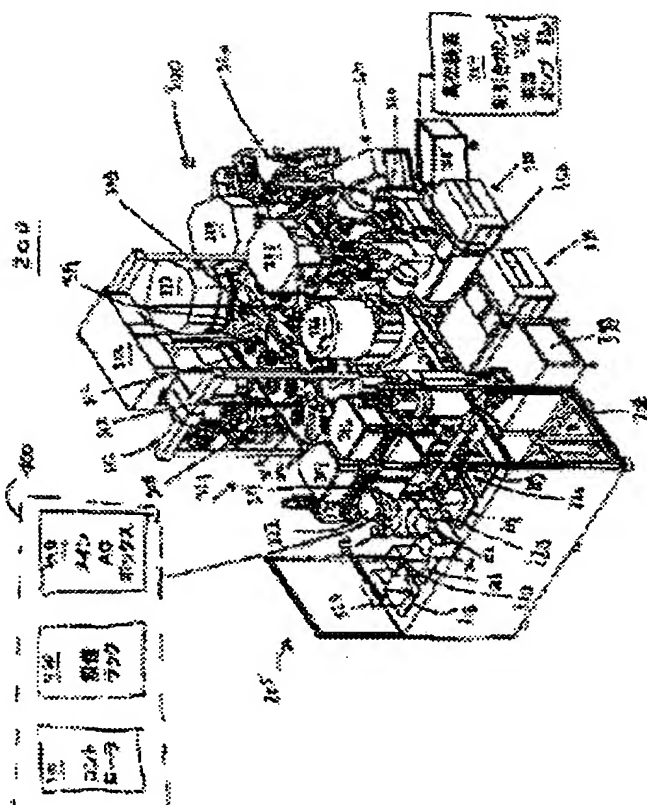
US6558509 (B2)

US2002005168 (A1)

Report a data error here**Abstract of JP2001237297**

PROBLEM TO BE SOLVED: To need a modular vacuum processing device which can readily maintain and/or reconstruct in response to a necessity in a site and has a high throughput of a substrate in an arbitrary temporal amount.

SOLUTION: There is generally provided a modular vacuum processing device, and this modular vacuum processing device contains a main frame 300 for supporting a transfer chamber 302; one or more load locks 314, 316 and one or more processing chambers 322 to 326, mounted on the transfer chamber 302; and a chamber tray 380 associated with a modular main frame piping tray 350 and a processing chamber. A substrate ordering method is also provided in a method and device for processing the substrate.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-237297

(P2001-237297A)

(43)公開日 平成13年8月31日(2001.8.31)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード(参考)
H 0 1 L 21/68		H 0 1 L 21/68	A
C 2 3 C 14/50		C 2 3 C 14/50	K
			Z
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	
21/3065		21/302	B
審査請求 未請求 請求項の数6 O L 外国語出願 (全107頁)			

(21)出願番号 特願2000-365524(P2000-365524)

(22)出願日 平成12年11月30日(2000.11.30)

(31)優先権主張番号 09/451628

(32)優先日 平成11年11月30日(1999.11.30)

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレ
イテッドAPPLIED MATERIALS, I
NCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

95054 サンタ クララ パウアーズ ア
ベニュー 3050

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外1名)

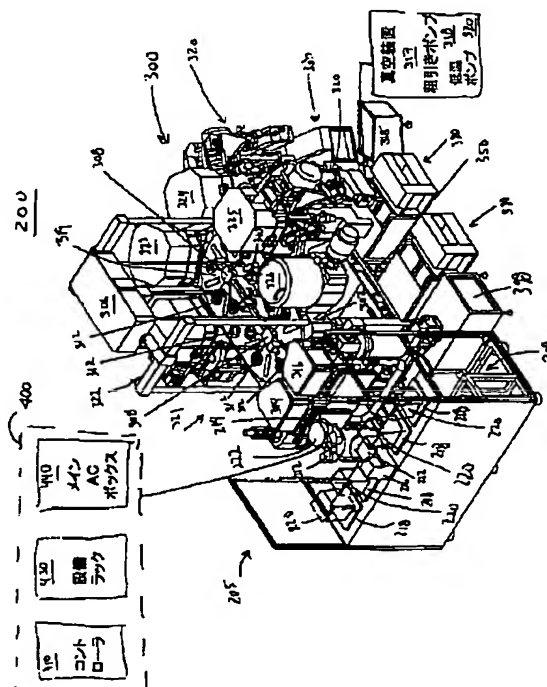
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 統合モジュール式処理プラットフォーム

(57)【要約】

【課題】 現場での必要に応じて容易に保守および／または再構成が可能であり、任意の時間量で基板の高スループットを有する、モジュール式真空処理装置が必要とされる。

【解決手段】 本発明は一般にモジュール式真空処理装置を提供し、モジュール式真空処理装置にはトランスファチャンバ302を支持するメインフレーム300と、トランスファチャンバ302に搭載された1つ以上のロード・ロック314、316と1つ以上の処理チャンバ322～326と、モジュール式メインフレーム配管トレイ350と処理チャンバに関連するチャンバ・トレイ380が含まれる。基板処理方法および装置中の基板順序付け方法もまた提供される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 a) トランスファチャンバと;

b) 前記トランスファチャンバに接続された1つ以上のロード・ロック・チャンバと;

c) 前記トランスファチャンバに接続された1つ以上の処理チャンバと;

d) 前記トランスファチャンバに隣接して配され、前記処理チャンバと前記ロード・ロック・チャンバのうちの1つ以上用の設備接続を有する、モジュール式配管トレイと;

e) 前記処理チャンバ、ロード・ロック・チャンバ及びトランスファチャンバのうちの1つ以上に隣接して配され、前記配管トレイ内の1つ以上の設備接続に接続された設備接続を有する、チャンバ・トレイと、を備える、基板処理装置。

【請求項2】 a) 大気圧からロード・ロック・チャンバへ基板を導入するステップと;

b) 前記ロード・ロック・チャンバ内で前記基板を脱ガスおよび/または予備加熱するステップと;

c) トランスファチャンバ内へ前記基板を導入するステップと;

d) 1つ以上の処理チャンバ内で前記基板を処理するステップと、を備える、基板処理方法。

【請求項3】 e) 前記ロード・ロック・チャンバ内に前記基板を導入するステップと;

f) 前記ロード・ロック・チャンバ内で前記基板を冷却するステップと;その後、

g) 前記ロード・ロック・チャンバを大気圧まで通気するステップと、をさらに備える、請求項2に記載の方法。

【請求項4】 a) 少なくとも1つの設備インタフェースと、1つ以上のチャンバ・インタフェースとを有するエンクロージャーと;

b) 前記少なくとも1つの設備インタフェースと前記1つ以上のチャンバ・インタフェースの間に接続されたエンクロージャー内に配された、処理ガス・マニホールド、真空マニホールド、給水マニホールドおよびヘリウム・マニホールドのうちの1つ以上と、を備える、処理装置上のデバイスに設備を分配する装置。

【請求項5】 a) 電子部品ボックス、ガスパネル、真空線および制御デバイスのうちの1つ以上を上配して有する支持フレームを備える、設備分配装置。

【請求項6】 a) 処理装置内の別々のロボット上の2枚のブレード上に1対の基板を置くステップと;

b) 第1の処理チャンバの1対へ並行して基板を移動するステップと;その後、

c) 第2の処理チャンバの1対へ並行して基板を移動するステップと、を備える、基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は一般に基板処理装置と基板処理の方法に関する。より詳細には、本発明はモジュール式真空処理装置の操作方法に関する。

【0002】

【従来の技術】フラットパネル表示を含む集積回路およびその他の電子素子の製造において、従来、様々の導体、半導体および誘電物質を基板上へ堆積したり基板から除去するために、真空処理装置が使用されている。これらの装置は、通常1つ以上の前部ロード・ロック・チャンバと、少なくとも1つのトランスファチャンバと、1つ以上の処理チャンバを含んでいる。少なくとも2タイプの処理装置が一般に知られている。1つの装置タイプは、チャンバが一度に1枚の基板を処理するよう構成されており、枚葉式処理装置と呼ばれる。別の装置タイプは、バッチ式処理装置として知られている。バッチ式処理装置では、多数の基板が処理チャンバに導入され、一緒に処理される。枚葉式処理装置の1つの長所は、バッチ式に比較してより均一な処理を与えられる能力である。しかしながら枚葉式処理装置では、基板が、単一装置上で複数の処理位置間へ搬送される必要があり、したがって処理に必要な時間や、装置から基板を除去するために必要な時間が増加してしまう。

【0003】従来の、たとえば通常約 10^{-8} Torrの超高真空で運転する基板処理装置の1つの短所は、超高真空の処理条件を実現するために段階的真空に依存している。図1は半導体処理を促進するために使用された1処理装置の平面図である。運転中、複数の分離した真空領域が相互接続され、各真空領域が別々に圧力制御される。したがって、ウェーハは、ウェーハの通過する領域間の圧力レベルが等しくなっている間に、領域から領域へと移動することができる。このような段階的真空処理装置では、基板は通常大気圧で、2つのロード・ロック10、12のうち1つへ導入される。ロード・ロックは最初、第1トランスファチャンバ14の圧力とほぼ等しい中間の圧力レベルまでポンプ引きされており、個々のウェーハはロード・ロックと第1トランスファチャンバ14の間を搬送される。この後、基板は方向合わせチャンバおよび/または脱ガス・チャンバなど、1つ以上のブリクリーン・チャンバ16、18へ導入され得る。基板はその後、分離された1つ以上のステージング・チャンバ20、22を通して移行され、ここでは真空レベルが高真空まで高められている。最後に基板は、超高真空に維持された後部トランスファチャンバ24へ入り、ここで基板は、やはり超高真空に維持された所望の処理チャンバ26へと移動され得る。このように、約 10^{-3} Torrの粗引き圧力といった中間圧力から、超高真空の処理圧力（すなわち 10^{-7} Torr以上の圧力）まで基板を移行させるために、基板は大気圧から、第1の中間圧力に維持されたトランスファチャンバへ移行され、次に分離したチャンバを通して超高真空に維持された別の

トランスファチャンバへ移行される。このような装置は、超高真空領域に維持されるのに必要な体積を最小化することができる一方で、基板が分離したチャンバを通過しなくてはならず、余計な基板搬送ステップやステージング・チャンバの操作が必要となり、装置中での基板処理に要する時間が増加する。

【0004】従来の処理装置における別の問題は、これらの装置が通常、特定の処理手順を実行するように製作されていることである。その結果、処理手順の変更があったり新しい処理が開発されたときに、従来の装置を再構成するのは慣例的に容易ではなかった。これらの装置の組立や設備において、たとえば処理ガス、ヘリウムの供給と戻し、装置の排気、電力源などは、製造設備の中心点から各チャンバへ分配される。その結果、装置は慣例的に必要な配管接続によって組み立てられ、この配管接続は、各チャンバから配管を製造設備に連結できる装置上の点まで走っている。このことにより、装置上に複雑な配管線が組み込まれる結果となり、これらの配管線を除去し、再構成して、装置上の各位置の異なるチャンバに適応させることが困難である。

【0005】たとえば従来の処理装置は、中央に位置するガスボックスまたはマスフローコントローラ（MFC）配電盤を有している。具体的に使用されるMFCは、具体的な処理チャンバおよび、処理装置において実施される処理によって決定する。ガスボックスがメインフレーム上の中央に位置しているため、特定のMFCを特定のチャンバに接続する配管は、MFCがガスボックスのどこに位置しているか、特定のチャンバの接続点がどこに位置しているかによって異なる。結果、多数のガス管線の構成、MFCの配置、およびチャンバの構成が生じる。一度チャンバが装置上に置かれ、そのガス管線が取り付けられると、装置上の異なる位置へそのチャンバを動かしたときに、ガス管線の再構成が必要となる。いくつかの装置の製作プロセスの中で、異なる装置上の同じメインフレーム位置に置かれたチャンバは、そのチャンバが装置上の他のチャンバとどこで関連しているか、また前に組み込まれたチャンバを支持して何個のMFCが組み込まれたのかによって、MFCと各ガス管線の位置が決まるため、これらのチャンバは異なるガス管線構成を持つ。

【0006】図2は従来の処理装置の、設備および配管の配置平面図である。上述のように、様々な処理チャンバに供給されるガスの流量を制御するMFCは、装置に搭載される処理チャンバの数とタイプに応じてメインフレーム上の中心に配置される。したがって、あるMFCをその各チャンバに取りつける供給線の形状および長さは、前に取り付けられたMFCおよびチャンバに対する、マスフローコントローラ（MFC）の位置に依存する。よって、MFCからのガス供給線は装置ごと、チャンバごとにより変わり、したがってマスフローコントローラ

とチャンバ取り付け地点に関して多様性を適応させるためには、ほとんど無限個の処理供給線を製作することが必要となる。

【0007】同様の問題が、制御用空気の分配や空気圧制御装置について起こる。図2の中央に図示されるように、圧縮空気が通常メインフレーム上の中央に設置された空気圧制御バルブに供給される。マスフローコントローラと同様、個々の空気圧制御バルブはこの後、様々なチャンバへ空気信号を送り出す。マスフローコントローラの線と同様に、異なる各チャンバや各位置における、様々な空気圧作動式部品へ制御空気信号を提供するために、多様性に柔軟な線接続が非常にたくさん必要である。

【0008】図2にはまた、各チャンバに供給される設備のU字型配置が図示されている。これらの線をチャンバに提供する多様性により、チャンバの、メインフレーム内に配置する様々な設備供給点への接続がより複雑になっている。メインフレームとチャンバ間のこの接続点の多様性は、ますます配管配置を複雑にし、点検修理を困難にするものであり、日常の保守の機能を実行するにおいてもますます複雑さを導いている。加えて、このように複雑で様々な配管配置を持つ装置を製作することは、困難でありかつ時間がかかる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】したがって、現場での必要に応じて容易に保守および／または再構成が可能であり、任意の時間量で基板の高スループットを有する、モジュール式真空処理装置が必要とされる。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は一般に、処理装置と、処理装置のモジュール式構成要素と、基板を連続して処理する方法を提供するものである。1様態において、基板処理用の装置が提供され、該装置は、トランスファチャンバと、トランスファチャンバに接続された1つ以上のロード・ロック・チャンバと、トランスファチャンバに接続された1つ以上の処理チャンバと、トランスファチャンバに隣接して配され、1つ以上の処理チャンバと1つ以上のロード・ロック・チャンバ用の設備接続を有するモジュール式配管トレイと、1つ以上の処理チャンバ、1つ以上のロード・ロック・チャンバおよびトランスファチャンバに隣接して配され、配管トレイ内の1つ以上の設備接続に接続された設備接続を有するチャンバ・トレイと、を含む。

【0011】別の様態において、本発明は基板処理の方法を提供し、該方法は大気圧からロード・ロック・チャンバへ基板を導入するステップと、ロード・ロック・チャンバが真空レベルまでポンプ引きされている間にロード・ロック・チャンバ内で基板を脱ガスおよび／または予備加熱するステップと、トランスファチャンバ内へ基板を導入するステップと、1つ以上の処理チャンバ内で

基板を処理するステップと、を備える。1 様態において、ロード・ロック・チャンバが真空レベルまでポンプ引きされる間に加熱構成要素が作動される。本方法は、さらにロード・ロック・チャンバ内に基板を導入するステップと、ロード・ロック・チャンバ内で基板を冷却するステップと、その後、ロード・ロック・チャンバを大気圧まで通気するステップと、を含む。

【0012】別の様態において、本発明は処理装置上のデバイスへ設備を分配する装置を提供し、該装置は、少なくとも1つの設備インタフェースと、1つ以上のチャンバ・インタフェースを有するエンクロージャーと、少なくとも1つの設備インタフェースと1つ以上のチャンバ・インタフェースの間に接続されたエンクロージャー内に配された、処理ガス・マニホールド、真空マニホールド、給水マニホールドおよびヘリウム・マニホールドのうちの1つ以上と、を備える。

【0013】別の様態において、本発明は設備を分配する装置を提供し、該装置は、電子部品ボックス、ガスパネル、真空線および制御デバイスのうちの1つ以上を上

に配して有する支持フレームを備える。

【0014】別の様態において、本発明は基板処理の方法を提供し、該方法は、処理装置内の別々のロボット上の2枚のブレード上に1対の基板を置くステップと、第1の処理チャンバの1対へ並行して基板を移動するステップと、その後、第2の処理チャンバの1対へ並行して基板を移動するステップと、を備える。1 様態において、基板は第1および第2処理チャンバの組へ、ほぼ同時に移動される。さらに1 様態において、ロボットは共通の搬送体積に配される。

【0015】別の様態において、モジュール式処理装置が提供され、該装置は、メインフレーム支持と、メインフレームに接続されたトランスファチャンバ・モジュールと、トランスファチャンバに接続された1つ以上のロード・ロック・チャンバと、トランスファチャンバに接続された1つ以上の処理チャンバと、トランスファチャンバに隣接して配されたモジュール式設備トレイと、処理チャンバのうちの1つ以上に隣接して配された1つ以上のチャンバ・トレイと、を含む。

【0016】上述された本発明の特徴、利点および目的を達成する方法が詳細にわたり理解されるために、上に短くまとめられた本発明を、添付図面に図示される本発明の実施形態を参照することにより、より具体的に記述する。

【0017】しかしながら、添付図面は単に本発明の典型的な実施形態を図示するものであり、したがって本発明はその他の等しく効果的な実施形態を認めるものであるから、添付図面は本発明の範囲を限定するものとは考えられないことに注意する。

【0018】

【発明の実施の形態】図3は本発明による自動処理装置

200の、1構成の等角図である。自動処理装置200は一般に、工場インタフェース205、メインフレーム300、および補助装置400を含む。メインフレーム300は一般に、トランスファチャンバあるいはトランスファチャンバ302、1つ以上の単一基板ロード・ロック314、316、処理チャンバ322~326(チャンバ位置321はモノリスにチャンバを搭載しない状態で示される)、メインフレーム配管トレイ350、およびチャンバ・トレイ380を含む。処理チャンバは、トランスファチャンバ302上に備えつけられた少なくとも6つの処理位置のうち、どれでも1つに搭載することができる。6つの処理チャンバ位置を持つ1構成が示されているが、本発明によれば8~10個の処理チャンバを延長されたトランスファチャンバ302上に搭載する構成もまた考えられる。2つの単一ウェーハ・ロード・ロック314、316がトランスファチャンバ302の前面に搭載され、工場インタフェース205の大気圧から、トランスファチャンバ302内の真空レベルまでの間を基板移行する。メインフレーム300は、ロード・ロック314、316、トランスファチャンバ302、および処理チャンバ322~326へ粗引き真空(通常約 10^{-3} Torrの範囲)を提供するための、搭載真空ポンプを支持してよい。真空ポンプはメインフレーム下の工場床下または地下に位置することができ、あるいはメインフレームと同一平面上に位置することもできる。または、搭載真空ポンプ318をメインフレーム上の使用地点に位置してもよい。一般に、1個の真空ポンプで、2つの単一基板ロード・ロック314、316、トランスファチャンバ302および6つのPVDタイプの処理チャンバを充分粗引き真空に引くことができる(たとえば約 10^{-3} Torrの圧力)。高処理ガス流量を有する処理や、専用の粗引きポンプによるチャンバの運転が望まれるときなどに、追加の粗引きポンプ318を加えることができる。たとえば、2つのプリクリーン・チャンバと4つのPVDチャンバを持つ処理装置の場合である。たとえば、1つの粗引きポンプを連結して、4つのPVDチャンバ、ロード・ロック314、316およびトランスファチャンバ302のそれぞれを粗引き真空に引き、別のポンプを連結して、2つのプリクリーン・チャンバのそれぞれを粗引き真空に引く。

【0019】真空装置317はトランスファチャンバ302へ連結されており、搬送体積299内を高真空から超高真空(たとえば約 10^{-3} Torr~ 10^{-7} Torr)に真空引きし、該真空が維持されるように動作する、粗引きポンプ318及び低温ポンプ320を含む。処理チャンバ322~326はトランスファチャンバ302へ連結され、チャンバ内で実施される処理に応じて高真空から超高真空の範囲(たとえば約 10^{-3} Torr~ 10^{-7} Torr)に維持される。処理チャンバ内の真空は、低温ポンプと粗引きポンプの組み合わせによって

供給される。低温ポンプ320はチャンバに取りつけることができ(チャンバ324と325に図示されるように)、粗引きポンプはメインフレーム300に取りつけられた搭載真空ポンプとすることができる。処理チャンバ322~326と同様、単一基板ロード・ロック314、316にも低温ポンプと粗引きポンプが備えられる。

【0020】リッド304は支持フレーム上のモノリス上端の上に、可動に配される。リッド上昇機構306が備えられ、リッド304をトランスファチャンバ302から持ち上げて搬送体積299へアクセスすることを可能にする。リッドはトランスファチャンバ302の上部に封鎖可能に閉鎖位置に接続されて、搬送体積299を形成する。リッド304には複数の覗き窓312が配されており、これらを通して搬送体積299を目で見ることができる。ウェーハ検知装置319はリッド304上端の上に配される。ウェーハ検知装置319はハブ308とセンサー310を含む。センサー310は除き窓312の上に位置して、基板の有無、あるいは搬送体積299内に配された搬送ロボット311、313(図4に示す)のブレード上に、他のワークピースがあるかどうかを検出する。

【0021】工場インタフェース205は、大気圧ロボット206、大気圧基板オリエンタ216、およびウェーハ収納位置218(4箇所図示)を含む。工場インタフェース205とメインフレーム300は、ウェーハ処理施設またはクリーンルームの中に設置される。さらに、工場インタフェース205とメインフレーム300は、制御されたクリーンな環境内に入れられ、基板は工場インタフェース205とメインフレーム300の間で大気に曝されても汚染されない。いずれの場合も基板222は、大気圧ロボット206によって、ウェーハ収納位置218、大気圧オリエンタ・ステーション216、および単一基板ロード・ロック314、316の間を汚染の危険なしに取り扱われる。大気圧ロボット206は収納位置218、オリエンタ216およびロード・ロック314、316の、前位置間で移動することができる。大気圧ロボット206は可動ブレード212および214を含む。ロボット206の1例は、カリフォルニア州、ミルピタスのRorze, Automation Inc. 社からRR701シリーズ・ロボットの製品名で市販されている。日本、愛知県のMECS Corp. 社から市販の無軌道ロボット(モデル番号UTM3000およびUTM3500)も装置で有利に使用可能である。

【0022】補助装置400は、システムコントローラ410、設備ラック430およびメインACボックス440を含む。システムコントローラ410は自動処理装置200の動作を制御するコンピュータ・システムと様々な電子部品を含んでいる。設備ラック430は電源、

RF発生器、および処理装置200内で基板処理に使用するその他のデバイスを支持する。メインACボックス440は三相200V、400Aの電力をウェーハ処理設備から受けとる。電気はこの後調整され、必要であれば変換されて処理チャンバ、ポンプ、コンプレッサ、熱交換器および処理装置200に含まれるその他の電気負荷へと分配される。

【0023】真空ポンプは、たとえばチャンバ322および323と、チャンバ325および324の間のメインフレーム上に設置することができる。メインフレーム上の真空ポンプの配置位置については、同時係属出願中の、共通に指定される出願番号_____により詳細に記載されている。

【0024】図4Aはトランスファチャンバ302、工場インタフェース205、2つの単一基板ロード・ロック314、316、および位置1~6に配された6つの処理チャンバ321~326を含む、処理装置200の略平面図である。リッド304は取り外され、搬送体積299と搬送体積299内の構成要素が見えるようになっている。トランスファチャンバ302は、継ぎ目なく機械加工されたアルミニウム・ブロックから形成され、長六角形の形状を持っている。長六角形は少なくとも6つの処理チャンバ位置と2つのロード・ロック314、316を提供する。あるいはトランスファチャンバを、支持フレームと支持フレーム上に封鎖可能に搭載された外板から形成してもよい。

【0025】搬送ロボット311および313と、搬送リフト305および307が搬送体積299内に配され、工具により実施される処理手順の必要に応じて、基板を工場インタフェースから各処理チャンバ321~326へ移動できるようにする。搬送ロボット311、313は、基板をロード・ロック・チャンバ314、316、処理チャンバ321~326およびリフト305、307の間で移動させる。リフト305、307は少なくとも部分的にトランスファチャンバ中に配された支持台を含む。リフト305、307は、好ましくは少なくとも垂直方向に可動であるが、同時に回転もできる。リフト305、307については、以下により詳細に記述される。

【0026】搬送体積299およびトランスファチャンバ302の内部には、アクセスポート331とスリットバルブ332が配され、これらによって搬送体積299からロード・ロック314、316と処理チャンバ321~326それぞれへのアクセス、および隔離ができる。アクセスポート331は、処理チャンバ321~326およびロード・ロック314、316を支持する各処理位置と隣り合ったトランスファチャンバ302の側壁内に形成される。スリットバルブ332はトランスファチャンバ302の底を通して配され、搬送体積299と処理チャンバ321~326およびロード・ロック3

14、316のそれぞれの間を、密閉扉によって隔離する。搬送ロボット311、313および搬送リフト305、307は、ロード・ロック314、316および処理チャンバ321～326間でワークピースを移動するために備え付けられる。各搬送ロボット311、313はモータに連結されており（示されない）、モータは主ブレードおよび補助ブレードの301と303、および309と315を、それぞれ延伸、後退させ、またロボットを回転させる。搬送ロボット311の主ブレード301と補助ブレード303は、ロード・ロック314、316、位置1および位置6に配された処理チャンバ321と326、およびリフト305、307の間で基板を搬送する。搬送ロボット313の主ブレード309と補助ブレード315は、リフト305、307、および位置2、3、4、5に配された処理チャンバ322～325の間で基板を搬送する。

【0027】運転中、大気圧ロボット206はスライド位置208に沿って移動して、基板222をウェーハ収納位置218のどれかから可動ブレード214と212のいずれかの上に搬送する。一旦可動ブレード214、212上に置かれた基板222は、オリエンタ216へ搬送される。しかし、基板222を単一基板ロード・ロック314、316のいずれかの中に、直接搬送することもできる。大気圧オリエンタ216によってウェーハの方向を正しく合わせた後、ウェーハは大気圧ロボット206により単一基板ロード・ロック314、316のいずれかへ搬送される。ブレード1枚だけの大気圧ロボットを用いることもできるが、図3に図示されるような2枚ブレード・ロボット206が望ましい。2枚ブレード・ロボットは、第1の基板が除去される位置へ別の基板を置くに先立ち、後退された基板を置く必要なく、基板を置換あるいは交換することが可能である。基板の置換において、たとえば単一基板ロード・ロック314内に位置する基板が空の可動ブレード212によって取り外され、可動ブレード214上に置かれた方向合わせされた基板222は、方向合わせされたウェーハを単一基板ロード・ロック314内に置かれる。方向合わせされ、単一基板ロード・ロック314に置かれたウェーハはその後、処理済基板がロボット206によって妥当な収納位置218のカセット220へ戻る間、必要に応じて予備加熱および脱ガスされる。ほぼ同じ方法で、方向合わせされたウェーハが大気圧オリエンタ216上に置かれているときに、空の可動ブレード214を持つロボット206は、方向合わせされていないウェーハを可動ブレード212上でオリエンタ216へ搬送し、可動ブレード214で方向合わせされたウェーハを除去し、その後でブレード212上の方向合わせされていないウェーハを、大気圧オリエンタ216の上に置くことができる。その後、たとえば単一基板ロード・ロック316から処理済ウェーハが除去されるのを待っている場合、可

動ブレード214上に、方向合わせされたウェーハがあり、かつ可動ブレード212が空であるロボット206は回転し、またスライド位置208を経て単一基板ロード・ロック316に隣接する位置まで移動させることができる。その後処理済ウェーハが可動ブレード212によって除去され、可動ブレード214上の方向合わせされたウェーハは単一基板ロード・ロック316内に置かれる。ロボット206は回転し、それからスライド位置208を経て移り、処理済基板を望ましいカセット220の中へ置く。

【0028】図4Bはリフト305、307の略断面図である。一般にリフトには支持シャフト400が含まれ、支持シャフトは少なくとも部分的にトランスファチャンバ302を通して延び、その上端に台座402を支持する。リフト・フィンガー403は台座に搭載されており、基板リフト位置に移動すると、基板222をリフト・フィンガー上で支持する。ステッピング電動機などのリフト・アセンブリ404がトランスファチャンバの下に搭載され、シャフト400に接続されてシャフトをトランスファチャンバ内で上下移動する。回転アセンブリ406もシャフト400に接続可能で、トランスファチャンバ内で台座402に回転運動を与える。ベロー408がシャフト400とトランスファチャンバ302の間に接続され、シャフトとトランスファチャンバ間に必要な密閉を与える。従来型リフトが、カリフォルニア州、サンタクララのApplied Materials, Inc. 社から提供されている。リフト305、307は搬送ロボット311、313間の渡し点として使用される。さらにリフト305と307は、基板が処理装置200を通して移動するときに、基板222を望ましい方向に維持するために使用される。

【0029】自動処理装置200の1つの長所は、基板の方向付けが処理体積301の外で起こることである。基板は大気圧オリエンタ216内で方向付けされ、その後基板が、処理装置200上の様々な処理位置を通して移動するとき、方向が維持される。基板の方向はリフト305、307によって維持される。リフトは、基板がロボット311に向けて方向づけされたときと同じようにロボット313に向けて方向づけされて渡されるように、所定角度によって回転する。こうして、基板222は大気圧オリエンタ216において、トランスファチャンバ302へ積み込まれる前に方向付けされ、またリフト305、307は、基板222が様々な処理位置1～6を通して移動する際に、基板の方向を維持することが可能である。たとえば、代表的な回転の所定角度は約101°である。このように、基板のノッチがロボット311を指すようにロボット311からリフト307へ積み込まれた基板は、基板のノッチがロボット313の中心を指すように約101°の角度で時計方向に回転することができる。その結果、基板方向が維持され、位置2

～5に設置されたチャンバに対して等しい基板方向が与えられる。位置2～5に置かれたチャンバでの処理が完了すると、実施される具体的な処理手順にしたがって、基板を基板ロード・ロック314または316へ設置するため、あるいは処理位置1または2へ設置するために、基板が搬送ロボット311によって取り扱われるよう、リフト305または307のいずれかに基板を置かなくてはならない。

【0030】図4Cは1つのロード・ロック314の断面図である。ロード・ロック316は同様に配置される。単一基板ロード・ロック314、316は、工場インタフェース205とトランスファチャンバ302の間に搭載される。各単一基板ロード・ロック314、316は、基板を処理体積内299へ、およびそこから処理チャンバまで搬送する前に、揮発性汚染物を除去するため基板を加熱および脱ガスをし、ランプ列などの熱源450を含む。熱源450は石英窓448によってロード・ロック体積内から隔てられている。さらに、各単一ウェーハ・ロード・ロック314、316の中に備えられた基板支持台454が水冷装置362により、支持454内に配された導管456を通して水冷され、基板冷却機能を補助している。ロボット・ブレード212、214、301および303から基板を受け取り、またこれらブレード上へ基板を置くために、リフト・フープ480が単一基板ロード・ロック内に備えられる。リフト・フープ480は支持シャフト482によって支持され、支持シャフトは適切なリフト・アセンブリ486に連結されている。リフト・アセンブリ486は、搬送位置487、上昇位置または脱ガス位置488（透視図で示す）、および冷却位置490（透視図で示す）など、所望の位置の間にある。ロード・ロックが搬送圧力まで真空引きされているとき、放射熱源450が基板を加熱できるように基板がフィンガー492によって支持されて脱ガス位置488に置かれることは、良く理解されるべきである。冷却中、基板が支持台454上に置かれて冷却されるよう、支持フープ480が冷却位置490まで移動する。単一基板ロード・ロック314、316の内部体積は最小とされ、大気圧から真空圧までの移行に要する時間が短縮される。粗引きポンプ318と低温ポンプ320を組み合わせた有効性と共に、ロード・ロック314、316の内部体積を最小化することにより、ロード・ロック314、316を大気圧から約 10^{-7} Torr以上の搬送圧力まで、数秒の間で移行できる能力が与えられる。そのような迅速な真空引き時間が可能となるが、実際の圧力移行時間は望ましい予備加熱と脱ガス手順によって決定される。トランスファチャンバ302を出て来る完全に処理済の基板は、ロード・ロック314、316の1つに積み込まれ、ここでロード・ロック314、316内の水冷された基板支持454が、基板冷却処理を補助するヒート・シンクとして働く。冷却

処理は、ロード・ロックが高真空の搬送圧力から大気圧へ移行するときに、ロード・ロックの内部体積に通常たとえばアルゴンや窒素などの不活性ガスである通気ガスを与えることによって達成される。単一基板ロード・ロック314、316はそれぞれ、自動処理装置200内で処理された基板を、予備加熱、脱ガス、および冷却する機能を実行することができる。

【0031】ガス供給装置460は、単一ウェーハ・ロード・ロック314、316の内部体積454と通じている。ガス供給装置460は遮断弁461、462、463、計器弁464およびディフューザ466を含む。導管467と468は様々な構成要素をロード・ロック314、316の内部体積と連結する。1実施形態において、単一基板ロード・ロック内に微粒子を発生することなく敏速に通気を行なうため、ガス供給装置452が使用され不活性ガスを供給する。ここで用いるように、計器弁464は単一基板ロード・ロックにガスの層流を与えるよう調節されており、所定時間後、ガス供給装置はより大きいガス流を発生させる別線へ移る。より高い流量に切り替える前に定量のガス層流を与えて、単一基板ロード・ロックの内部体積を満たすことにより、微粒子の発生が最小限になると考えられている。また単一基板ロード・ロック314の内部体積と粗引きポンプ318、低温ポンプ320は通じており、これらポンプはそれぞれ、遮断弁472および470によってロード・ロック314、316の内部体積から分離されている。粗引きポンプ318は、単一基板ロード・ロック314の内部体積を粗引き真空まで真空引きするために使用される。その後で、単一基板ロード・ロック314の内部体積をさらに真空引きするために低温ポンプ320が使用され、基板を単一基板ロード・ロック314から、適切な高真空が維持されている内部搬送体積299内へ容易に搬送するために、約 10^{-2} Torrから 10^{-7} Torrの範囲の高真空が提供される。

【0032】操作中、基板は単一基板ロード・ロック314へ積み込まれて、予備加熱／脱ガスおよび冷却のため、台座のリフト・フープ480上へ据えられる。単一基板ロード・ロック314の代表的な1操作は、脱ガス、予備加熱を行ない、大気圧から内部搬送体積299の減少された運転真空への移行を容易にすることである。単一基板ロード・ロック314へ積み込まれた基板は、ランプ・モジュール450により発生する放射エネルギーが石英ガラス448を通してウェーハ上に搬送されることによって加熱される。さらにガス供給装置を使用して不活性ガスを供給することにより、放出したガスをロード・ロックから取り除くことができる。予備加熱と脱ガスの完了後、単一基板ロード・ロック314が適した真空レベルまで真空引きされると、予備加熱および脱ガスされた基板を搬送体積299内へ搬送することができる。低温ポンプ320と粗引きポンプ318が協同

して作動し、単一基板ロード・ロック314の内部体積を迅速に真空引きする。さらに、単一基板ロード・ロック314は、自動処理装置200で処理された基板の、処理後の冷却のための冷却チャンバとして働く。このように、処理後、搬送体積299から出て来る基板は単一基板ロード・ロック314内の基板支持上に据えられる。冷却水が台座454内に供給され、冷却する。また、不活性ガスが単一基板ロード・ロック314内に供給されて、単一基板ロード・ロックの内部圧力を非常に高真空から大気圧へ移行しやすくし、さらに単一基板ロード・ロック314から、工場インタフェース205内の収納位置218上のカセット220への、基板の搬送を容易にする。単一基板ロード・ロック314にガスを供給することによって単一基板ロード・ロック314をやや高圧に維持し、それにより工場インタフェース付近の外気から単一基板ロード・ロック314へ汚染物や湿気が入らず、したがって湿気を受けたり、単一基板ロード・ロック314の予備加熱や脱ガス機能を損なうことがないことはよく理解されるべきである。さらに、単一基板ロード・ロック314の圧力をやや高くしておくことによって、工場インタフェース205付近の外気から微粒子や汚染物質が単一基板ロード・ロック314の内部体積に入る可能性が減少する。

【0033】本発明にしたがって処理装置200内で実行される冷却機能は、単一基板ロード・ロック314内の、減圧から大気圧まで通気され冷却されたプラテン上で行なう冷却機能をもつことにより、より促進される。工場インタフェース205上の収納位置218の収納カセット220内に基板を置くために、基板がロボット206により取り扱われている間に、追加冷却が起こる。このように基板の冷却は取り扱い操作の間に起こり、装置の冷却効率がさらに向上する。

【0034】単一基板ロード・ロックの処理ガス供給装置は、2つの目的に役立つ。通気構成において、ガス供給は計器弁464によって単一基板ロード・ロック314の内部体積へある量のガスを供給する。ある量のガスがチャンバに流された後、流量が全開にされ、より迅速な与圧および通気が行なわれ、単一基板ロード・ロック314の迅速な通気手順を実現し、それによりさらにスループットを向上させる。別の実施形態では、MFCが備えられてより正確なガス制御が可能となる。このように、この実施形態で実行される脱ガス処方は、完全に、所望の脱ガス処方にしたがうマスフローコントローラにより続けられる。

【0035】図5はトランスファチャンバ302の等角図であり、メインフレーム配管トレイ350と、2つのチャンバ323、325を示し、2つのチャンバ323、325は各チャンバの下に配されたチャンバ・トレイ380によりトランスファチャンバ302に接続されている。アクセスポート331がトランスファチャンバ

302のチャンバ位置とロード・ロック位置に備え付けられる。開口550、552が搬送ロボット311、313（図4Aに示す）を搭載するために備え付けられている。開口554と556（示されない）がリフト305、307を搭載するため、トランスファチャンバに備え付けられている。

【0036】配管トレイ350がトランスファチャンバ302の下に配され、トランスファチャンバ302、ロード・ロック314、316、およびトランスファチャンバに接続された処理チャンバ321～326を支持するのに必要な、各処理設備を分配する配管を含んでいる。配管トレイ350は、その周囲に配された複数のチャンバ・インタフェース500を含む。チャンバ・インタフェース500は、チャンバ位置1～6、ロード・ロック位置、および中央に配された2つのトランスファチャンバ位置のそれぞれに隣接して置かれる。チャンバ・インタフェース500は必要な設備に対し、チャンバ・トレイ380への接続を提供する。チャンバ・トレイ380は必要な設備を、チャンバ・インタフェース500から、各処理チャンバ、ロード・ロック、あるいはトランスファチャンバへ提供する。配管トレイ350は、中に配管線が設置されたエンクロージャーを含む。配管線は、以下分りやすいよう部分的にエンクロージャーが除去されたところを図で、より詳細に示される。

【0037】図5はメインフレーム配管トレイ上のチャンバ・インタフェース500から、処理チャンバ323、325のチャンバ・トレイ380上のMFC1112（図11Aおよび図11Bに示す）へ入る、処理ガスの接続を図示している。チャンバ・インタフェース500とMFC1112の間の接続線は、配管トレイ350とチャンバ・トレイ380のモジュール式設計の結果、同様に構成される。MFCの出口側の点から、チャンバの処理体積への配管接続は、チャンバ位置に関わらず等しい。したがって、処理チャンバ入り口に対するMFC出口を標準化することによって、MFC出口と処理体積入り口を接続するために、等しいガス供給線を使用することができる。チャンバのタイプによっては、その他のガス供給線が必要となる場合がある。しかし、同一のチャンバタイプでは、同様の処理線を使用することができる。この例のガス線のように同様の構成要素を使用することで、同一の線を大量生産することが可能となり、また装置にそれら構成要素を組み込む前に試験することによって、装置の製作および組立が単純化される。チャンバ・インタフェース500と、具体的なチャンバのためのチャンバ・トレイをそれぞれ同様にでき、構成要素の交換を含む装置の再構成、および／または保守を容易にすることができる。表示の実施形態では、チャンバ・トレイは別々にメインフレームに搭載された。別の実施形態では、処理チャンバとチャンバ・トレイを、メインフレームおよびトランスファチャンバに搭載された1つの

支持フレーム上に搭載してもよい。支持フレームは、調節可能な足部または回転可能な支持部材を含み、チャンバとチャンバ・トレイが取り付けられた支持フレームを、装置に隣り合う位置に転がして、装置に連結できるようにしてもよい。また図5は、チャンバ・トレイの真空接続とチャンバ323の真空線の間に延びる、真空線515を示す。チャンバ325に、同一の線（本図には示されない）が提供されている。

【0038】図6～図7は、設備インタフェース510（図6と図9に示す）と配管トレイ350のチャンバ・インタフェース500（図6、図7および図10に示す）を図示したメインフレームの等角図である。配管トレイ350はトランスファチャンバ下のメインフレーム上に支持される。製造設備から、設備インタフェース510にある配管トレイ350に設備が接続され、設備は配管トレイ内の各チャンバ・インタフェース500へ分配される。好ましくは、設備インタフェース510は、製造設備内の組み込みを単純化するために、一般に各装置に設置される。さらに各チャンバ・インタフェース500は、処理チャンバのタイプやメインフレームの位置に関わらず、メインフレームとメインフレームに搭載された処理チャンバの間の接続を単純化するため同一であることが望ましい。各チャンバ・インタフェース接続は好ましくは同一であり、それによりチャンバ・トレイを、チャンバの位置に関わらず、必要とする配管を最小限で、製作およびメインフレームへ搭載することが可能となる。複数のチャンバ・トレイは共通のチャンバ・インタフェースへ接続するよう構成でき、そのチャンバ・トレイが構成されている特定のチャンバの適正な位置へ、設備を分配することが可能である。

【0039】汚染保護枠602が配管トレイ350の周りに配され、保護枠は汚染底面を含む。汚染底面は、配管の欠陥や継手の損傷、あるいは接続の緩みが原因で流れ出した流体を、配管トレイ内に收容するために使用される。取外し可能なカバー・パネル604、606が備え付けられ、配管トレイへアクセスしやすいようにしている。汚染底面は、汚染底面周囲に形成される周縁を持つ滴受けによって形成することが可能である。

【0040】図8は、上カバーを除去したメインフレーム配管トレイ350の平面図である。設備インタフェース510が配管トレイの1端に設置され、配管トレイ内に設置された様々な導管が設備インタフェース205（図4Aに示す）から分配されている。配管トレイ内の各導管は、好ましくは垂直に間隔をあけて囲むよう配される。各囲み内は、様々な導管がU字型のレイアウトで交互に配され、各導管の区切り点や接続部へのアクセスが提供されている。各導管は少なくとも1つの区切り点、あるいは接続部を含んでおり、それにより導管は、点検、保守および／または交換のための分解や除去が可能である。配管トレイ350内の各導管には、ロード・

ロック、処理チャンバ、およびトランスファチャンバを含む各チャンバ位置に対するインタフェースが含まれる。

【0041】図8に示す実施形態における設備装置は、最も低い垂直囲みの、中央に設置される給水マニホールド370と、システム排気マニホールド372を含む。

【0042】給水マニホールド370は、各チャンバ位置に対する接続と、各ロード・ロック314、316に対する供給接続を持って示されている。システム排気マニホールド372は、チャンバ、ロード・ロック、およびトランスファチャンバの各1つに対する排気ポートを含む。ロード・ロック314、316は、連結部に隣接して配された共通の排気ポートを共有する。

【0043】各チャンバは余分な処理ガスや揮発性の処理副産物を排気するために、真空ポートが粗引きポンプまたは低温ポンプに接続されて備えられている。隣接する垂直囲み内の、給水口の供給および戻りの外側に、システム真空マニホールド354がある。システム真空マニホールド354外側の隣接する垂直囲み内に、液体ヘリウム供給364および戻り366を持つ、液体ヘリウムマニホールドがある。液体ヘリウムマニホールド外側の隣接する垂直囲み内に、窒素通気ガス線361、予備ガス線363、窒素処理ガス線365およびアルゴン処理ガス線367などのガス線がある。これら各ガス線には区切り点または接続部369が備えられている。配管トレイ内の各装置も区切り点369を含んでおり、これら区切り点は、好ましくはメインフレームの一端に設置される。装置の接続部は、好ましくはメインフレームの一端から、隣接する垂直レベルの別端へ交互するようにし、各レベルの接続部へ遮られることのないアクセスが提供されている。

【0044】図8にはまた、メインフレームの後端に配された空気圧分配継手358が示されている。制御用空気は製造設備からメインフレーム設備インタフェース510を通して分配継手358へ供給される。空気圧分配継手358によって、7個の接続ポートが提供される。ポートのうち6個は（たとえば各チャンバ・インタフェースにつき1ポート）、チャンバの空気圧操作のためチャンバ・インタフェースのそれぞれへ接続される。7個目のポートはメインフレームの空気圧部品操作のため、追加の空気圧分配マニホールドへ接続される。制御用空気は分配継手358から、たわみ管やポリウレタン線などの適切な配管を通して各チャンバ・インタフェース（図10）の空気圧接続へ分配され、そこからチャンバの空気圧制御マニホールドへ送られる。各チャンバの空気圧制御マニホールドは、関連する処理チャンバの様々な空気圧操作部品へ空気圧制御用空気を分配するための、複数の空気圧制御バルブを含んでいる。空気圧部品を作動後、制御用空気はチャンバ・トレイ上の空気圧制御マニホールドから空気排気チャンバ・インタフェース（図10

に示す)へ排気され、そこからシステム排気マニホールド372へ送られる。チャンバ・トレイの空気圧分配マニホールドに建造上類似する、追加の空気圧分配マニホールドが2個提供され、トランスファチャンバおよび単一基板ロード・ロック上の空気圧作動式部品へ制御用空気を供給する。たとえば、スリットバルブ332のそれぞれを作動するために1つのマニホールドを、またトランスファチャンバや単一基板ロード・ロックの空気圧部品、たとえばトランスファチャンバ・ゲートバルブ、ロード・ロック314、316のそれぞれにある外部扉333、リフト305、307、および各ロード・ロック314、316内部のウェーハ・リフト460などを作動するために、別のマニホールドを提供することが可能である。

【0045】図8の設備線は、給水マニホールド370が配管トレイ350の底に置かれ、空気圧分配ボックス358がトレイ底の給水マニホールドの前になるように置かれている。線には、最上列の処理ガス線、中段のヘリウム供給線と戻り線、および底辺の真空線が含まれる。配管トレイ350の設備線の垂直分配は、特定の装置が必要とする点検や保守の頻度にもとづいて選択することができる。たとえば、より頻繁に点検が必要な線を配管トレイ350の上段に置いて、作業者が容易にアクセスできるように備えることができる。

【0046】図9は、メインフレーム配管トレイ350の設備インタフェース510の側面図である。設備インタフェース510はロード・ロック・チャンバ下の装置端に配される。設備インタフェース510は、様々な接続を搭載するためのパネルを含んでよい。あるいは設備インタフェースは、工場設備接続へアクセスできるような装置のどの設置位置にも位置することができる。設備インタフェースは、工場設備が装置に接続されるただ1つの設置位置を提供する。設備インタフェースの設備接続のレイアウトは、配管トレイ350に配された導管の段状構造を反映する。設備インタフェースは、設備接続が工場から装置上の分配位置へ、固定した構成をとれるよう、メインフレーム上に配され配管トレイ350に接続される。製造設備は共通の接続インタフェースにより建造可能であり、したがって製造設備へ装置を移動して、多数の線や導管を走らせる必要なく設備インタフェースへ装置を接続することが可能である。設備インタフェースは、各装置の組み込みや保守を標準化するため、好ましくは各設備に対して同じ設置位置に設置される。図9に示す設備インタフェースは、一対の空気圧制御接続902および排気接続904、符号906でまとめて示されるガス供給線、冷却水供給接続908、910、ヘリウム供給および戻り912、噴出空気914および空気圧制御916、純水供給918、窒素パージ920、システム真空922、およびシステム排気924を含む。

【0047】設備インタフェース510はまた、処理チ

ャンバとコントローラ410およびACロード・センター440の間に電気および電子インタフェースを含む。設備インタフェース510は、分配のため装置上に、その後、処理装置のモジュール様態を促進するため各チャンバ・インタフェースへ、共通接続部またはインタフェース・ポイントを備える。DC電源接続952は+15v、-15vおよび24vのDC電力をチャンバに提供する。メインフレーム内の漏電および煙検知器は検出ポート954へ連結されている。非常停止またはEMO信号はEMO接続950を介して提供される。インタロック信号は、インタロック接続ポート956を介してチャンバ・トレイの電子部品ボックス382(図11A、図11Bに示す)内に含まれたインタロックPCBへ伝達される。

【0048】図10は、中央に設置されたトランスファチャンバ・インタフェースを含む、3つのチャンバ・インタフェース500を図示したメインフレーム配管トレイ350の側面図である。チャンバ・インタフェースを介する設備接続は、各チャンバ位置、ロード・ロック、およびトランスファチャンバに対して同一にすることができる。たとえば、処理線接続点、ヘリウム接続点、および真空接続点を、各チャンバ位置の同じ位置に設置することができ、それによって装置再構成や装置上のチャンバの取り外しや交換を可能にすることができる。チャンバ・インタフェースは、インタフェースの上端に電子部品接続926、その下に処理ガス接続928、その下にヘリウム供給930および戻り932と噴出空気934および空気圧制御936、インタフェースの下部に空気排気938、システム真空940および純水接続942を含んでよい。電子部品接続926にはEMO接続970、DC電源接続972およびインタロックPCB接続974が含まれる。電子部品接続926が、設備インタフェース510の電子および電気接続と、チャンバ・トレイ380に設置された適切な電気および電子構成要素の中間の接続点に相当することは十分に理解されるべきである。たとえば、チャンバ・トレイの電子部品ボックス382内に設置されたインタロックPCBはチャンバ・インタフェースのインタロック接続974に接続されている。

【0049】図11Aおよび図11Bはチャンバ・トレイ380の等角図である。チャンバ・トレイはチャンバ・インタフェースにおいて、通常関連する処理チャンバ下のメインフレームに接続している。チャンバ・トレイ380は支持フレーム1100を含み、この上に必要な設備制御デバイスが設置可能である。可調脚1101が設けられ、メインフレームに隣接してチャンバ・トレイを適正に位置決めできる。チャンバとチャンバ・トレイは、キャスターまたはその他適切な回転可能支持部材上に支持された支持フレーム上に搭載することが可能であり、それによってモジュール様態およびメインフレーム

上の位置について各チャンバの交換性をさらに高めることができる。チャンバ・トレイは、チャンバ・インタフェース上の各接続を接続することができる接続を含む。チャンバ・トレイは、共通のチャンバ・インタフェースに接続し、設備を特定の処理チャンバに合致するよう分配して構成することができる。ここに記載される実施形態でチャンバ・トレイは、製作、組み込みおよび保守が容易なように、同一に構成される。

【0050】チャンバ・トレイ380は、内部にチャンバ制御カード（示されない）が配された電子部品ボックス382、デバイス・ネット・ハブ1102、チャンバ真空ポート1104、チャンバ空気圧分配マニホールド1106、個々の空気圧制御バルブ1108、マスフローコントローラ（MFC）1112と閉止弁1114を含むガスパネル1110を含むことができる。電子部品ボックス382は、チャンバ・トレイの前部に、チャンバ・トレイとメインフレーム間の接続に向かい合って置かれる。MFC接続は電子部品内部に設置される。2つのMFC1112が示されているが、処理チャンバ・タイプや、処理チャンバ内で実施される処理操作に応じて、追加線を配管することもでき、追加線には追加のMFCを含むことができる。あるいはMFC、空気圧および電子部品を、チャンバ・トレイに隣接して置かれたチャンバへ接続するために適した、いかなる構成によって配置することもできる。好ましくは、電子部品はメインフレームの外側に位置され、メインフレーム上を流体が漏れるいかなる可能性からも電子部品を保護する。チャンバ・トレイにすべての設備および制御を含めることにより、チャンバとチャンバ・トレイ間の接続は、メインフレーム配管トレイとチャンバ・トレイへの設備接続の間の接続点が標準化されているのと同様に、標準化される。この標準化により、交換可能なチャンバ位置を持つモジュール式装置が提供され、メインフレーム上の各位置における接続点が同様であり、また部品が交換可能であることから、必要とされる接続にほとんど無関係に、このモジュール式装置を再構成することができる。

【0051】図12～図15は、処理ガス線、ヘリウム供給および戻り、システム排気マニホールド、および給水マニホールドの各層状様態を示す。図12は配管トレイの上部に位置するガス線の、大体の平面透視図である。ガス線は、処理チャンバ・インタフェース、ロード・ロック・インタフェース、およびトランスファチャンバ・インタフェースを含む、各チャンバ・インタフェースに配される接続により、U字型に構成され、分配されている。ガス線は、その長さに沿って共通の設置位置に、区切り点または切断点を含む。区切り点は、除去、交換または保守のために容易にアクセスできるようにするために設置される。

【0052】図13は液体ヘリウム・マニホールドの等角図であり、供給線364と戻り線366を有し、装置上

の低温ポンプを冷却するため、ヘリウムを分配する。他のマニホールドと酷似するように、ヘリウム・マニホールドは区切り点1300、1301を持ってU字型に構成されて、保守、点検修理のため除去しやすくしている。区切り点は、隣接する線の区切り点間でのアクセス干渉を防ぐように、都合よく設置することができる。

【0053】図14は真空マニホールド354の等角図である。真空マニホールドは、設備インタフェース510直前の区切り点1400（示されない）を持ち、U字型に構成され配される。真空は、導管1402を介して1つ1つのチャンバへ分配され、導管1402はチャンバ位置に関わらず、各チャンバに対して自在接続1404を含んでいる。

【0054】図15は給水マニホールド370とシステム排気マニホールド372を示し、これらはメインフレーム配管トレイの中央底部に配されている。好ましくは、給水マニホールド370は、水漏れの影響を最小限にするため配管トレイの最も低い位置に配される。適切ならば、水分や揮発性ガスを検出するために、設備トレイに1つ以上の検出器を設置することができる。給水マニホールドと排気マニホールドの上に図示された各接続点の間に、たわみ管あるいは導管を接続して各チャンバ・インタフェース上の接続点へ向わせ、そこから各チャンバへ接続することができる。水検知回路または漏水検知回路を、メインフレームの底に沿って水平に置き、給水マニホールドのいかなる問題も早期に警告することができる。

【0055】図16は処理線406、液体ヘリウム供給364、および戻り366、システム排気マニホールド372および給水マニホールド370のレイアウトを示す、配管トレイ350の等角図である。各装置間の関係及び該装置間のアクセスが示されている。またチャンバ・トレイそれぞれへの接続が一樣の状態で示されている。

【0056】図17はメインフレーム配管トレイ350の断面図であり、メインフレーム配管トレイに備えられた様々な配管線のV字型が図示されている。V字型によって、各線へのアクセスと各線の除去が容易になる。V字型によってメインフレーム内部の中央領域が空になり、そこで技術者が作業することができる。上述の詳細のように、ガス・マニホールド1701の処理ガスは、最も高い囲み部に示されている。ヘリウム・マニホールド1702の液体ヘリウム線は、1つ下のレベルに配される。システム真空マニホールド354と給水マニホールド370は、配管トレイの最も低い囲み部に設置される。最上レベルの配管線は、中央から放射状に外側へ向けて設置され、各囲みで配管線が中央設置位置に向けて、最も低い囲み部へ収束する。

【0057】システム排気を最上に置き、ヘリウム供給および戻りを底部に置くなど、その他のレイアウトや構成は実現可能である。しかしながら、図を参照して説明した配置は、たとえば処理線など、より点検修理の頻度

が高い線を、アクセスに便利な最上位置に設置しているので、有利であると考えられる。給水マニホールドなどの、多くの問題の原因となり、最も漏れやすく、損傷の原因となるような線は、底部に設置される。このような場合、給水マニホールドの漏水は、メインフレーム配管トレイ底部の大部分に設置された滴受けにより収容される。したがって、漏水により放出された液体が、隣接する線や構成要素を損傷する可能性は低い。真空とヘリウムは交換可能であるが、真空マニホールドはテストや漏れ検査が困難であり、したがって配管トレイの上方部分に位置されている。この配管配置によりもたらされる流線配置や単純性は、漏水検出や、これら各接続の保守や修理をより容易なものにする。たとえば装置操作中に真空に問題があることが分かると、技術者は各真空線の接続へ簡単にアクセスできるので、特定のチャンバ位置や継手への問題の切り離しを単純にすることができる。本発明の流線配管のレイアウトにより、真空線接続、処理線接続、および液体ヘリウム接続へのアクセス性が向上する。対称的に、従来の処理装置における設備接続点へのアクセスは困難であり、それら接続点へアクセスするためには、一般に隣接の配管線や構造を大幅に分解することが要求される。

【0058】図18は、メインフレーム配管トレイ350に隣接するチャンバ・トレイ380のそれぞれを示す平面図である。メインフレーム配管トレイ350上の真空接続から、チャンバ・トレイ380上の真空低下までの真空線1801の接続が示されている。なお、各チャンバ・インタフェースに取り付けられた各真空接続線は同一であり、各チャンバ・トレイ内の同じ位置に真空接続ポート1800が置かれており、そのため各チャンバは、同じ対応する位置の真空ポートに接続される。チャンバ6は、チャンバ6のチャンバ・トレイ内の2つのMFCモジュール1112に接続される処理ガスのための線接続を図示する。また、空気圧マニホールド内の様々な空気圧制御バルブが示される。チャンバ・トレイの電子部品ボックス382内に収容されたチャンバ電子部品は、チャンバ・トレイの電子部品部分に位置するカバーによって覆い隠されている。

【0059】また、図18にはメインフレーム空気圧分配ブロック358が図示されている。この中央の空気圧分配点から、各チャンバ・インタフェースへ空気圧供給が分配され、そこから各チャンバ・トレイの空気圧分配ブロックへ柔軟なポリウレタン線（示されない）によって分配される。制御空気が、中央メインフレーム分配点からチャンバ・トレイ380へ供給される。空気圧制御式部品に対する個別の空気圧制御バルブが、各チャンバ・トレイ内部の空気圧制御ブロックに設置される。空気圧制御をこのように分配供給することで、各チャンバの空気圧ブロックにおいて各チャンバの個々の空気圧デバイスが容易に特定されるため、各チャンバの空気圧装置

の故障探求や保守が単純化される。空気圧操作式チャンバ設備およびデバイスの例には、ヒーター・リフト、ウェーハ・リフト、窒化チタン処理中にウェーハを扱うために使用されるウェーハ・シャッター、およびMFC閉止バルブを含む。また、空気圧作動式ゲートバルブは通常、真空引き操作中に低温ポンプをチャンバ処理体積から隔離するために備えられ、また空気圧作動式真空遮断弁が備えられて、粗引きポンプの操作不要時は常に、粗引きポンプをチャンバ処理体積と低温ポンプから隔離する。

【0060】本発明のモジュール式処理装置の別の利点は、装置製作における全体的な単純性である。従来の処理装置の組み立て手順は、通常、構成要素1セットを組み立て、それら構成要素をテストした後、次の構成要素のセットの組み立て・テスト、と以下同様に、すべての構成要素が組み立て、テストされるまで、順次繰り返す手順を含む。個々の構成要素のセットがそれぞれ組み立て、テストされるまで、個々の構成要素の統合は行なわれず、したがって製作時間が多くなる。これに対し、本発明によるモジュール式装置設計は、装置の独立部分を並行に組み立て、テストすることが可能である。たとえば、メインフレーム、トランスファチャンバ、処理チャンバ、メインフレーム配管トレイおよびチャンバ・トレイは、それぞれ個別に組み立ておよびテストされてよい。テスト後、独立したモジュールの統合は容易である。すなわち、メインフレーム配管トレイはメインフレームに挿入され、チャンバ・トレイはメインフレームに取り付けられ、トランスファチャンバはメインフレームに取り付けられ、個々の処理チャンバはモノリスに取り付けられる。最後に、各チャンバ・インタフェースとその対応するチャンバ・トレイ間、および各チャンバ・トレイとその対応するチャンバとの間で接続が行なわれる。

【0061】図19は本発明のモジュール式DC電源の図である。本発明による処理装置のDC電力は、各チャンバに分配される。したがって、各チャンバ・ボードのDC電源1901は、個々のチャンバ321〜326（図4Aに示す）の、様々な、24v、正および負の15vのDC負荷に適應するよう大きさが決められる。したがって、装置製作時には図に示されるように、メインフレーム電力負荷およびリモート電力負荷に充分なだけのDC電力のみが必要とされる。各個々のチャンバ負荷に対するDC電力は、これら特定のチャンバが装置に加えられるため、個々に供給される。このようにして、DC電力が保存され、装置・コストは低減される。処理装置のモジュール方式により、チャンバを異なる位置に追加や移動し、同時にその特定のチャンバのDC電源を、モジュール式電源のカード・ケージ内の異なる位置へ移動することが可能となる。モジュール式DC電源は、図3の透視図の遠隔装置400に図示されるように、シス

テム制御ラック上に設置される。

【0062】図20は処理装置のモジュール式ACロード・センター2005を図示する。モジュール式ACロード・センター2005は、ブレーカー、分配導管および、全メインフレームのその他の支持回路、および主配電パネル2010内に設置される遠隔装置電気負荷を含む。これら一般のAC負荷は、好ましくは主配電パネル2010のような1つのパネル内に設置される。主配電パネル2010は、チャンバ特有でない電気負荷、たとえば低温コンプレッサ、熱交換器、リッドリフト、システム真空および装置ラックファンなどを含む。本発明の処理装置のモジュール式设计は、ACロード・センター2005の設計でも続けられ、すなわち各個々のチャンバ321~326が独自の回路ブレーカー、分配導管およびチャンバ特有のすべての電気負荷に対してその他の支持回路を備えている。個々のチャンバ電気配電ボックス2012が、6個のチャンバ位置321~326それぞれに専用を用意される。全回路ブレーカ、分配導管、およびその他チャンバのための支持回路が、単一の配電ボックス2012内に収容されているため、ACロード・センター2005の対応するチャンバ・ブレーカ・ボックス位置から配電ボックス2012を単純に追加や除去することによって、特定のチャンバ位置の特定チャンバへ電力を加えたり取り除いたりすることができる。個々のチャンバ電気負荷の例には、サーボモータ・ドライバ、ヒーター・ドライバ、DC・RF電源、ターボ・ポンプ制御装置、真空ポンプ（たとえばブリククリーン・チャンバ用）および低温ポンプ再生ヒーターが含まれる。

【0063】ACロード・センター2005の、このモジュール式设计によるアプローチにより、少なくとも2つの利点がもたらされる。1つの利点は、必要なブレーカ・ボックス2012のみが組みこまれることである。モジュール式のチャンバ・ブレーカ・ボックス2012によって、3チャンバしかない処理装置に、3つのチャンバ・ブレーカ・ボックス2012を装備することが可能となる。すなわち、3チャンバのそれぞれに1つずつチャンバ・ブレーカ・ボックス2012を装備できる。その他3つの空の、すなわち使用可能なチャンバ位置は、今後チャンバを追加して使用したり、以前は占有されていた位置の1つに、今あるチャンバを移動して使用するために空けておくことができる。このように、6チャンバすべてにチャンバ・ブレーカ・ボックス2012を備えることなく、装置に組み込まれるのが6チャンバか3チャンバかに関わらず、必要に応じた電気分配が提供される。

【0064】ACロード・センターのモジュール式设计の、もう1つの利点は、電気安全領域にある。従来の装置では、具体的なチャンバへの電力はいくつかの異なる設置位置に設置され、電力を切断するためにはクリーンルームとクリーンルーム以外のスペースの、両方へアク

セスしなければならない。もしも完全に分離していない電気負荷があれば、チャンバやその他装置構成要素を点検修理している技術者が被害を受ける恐れがある。チャンバ配電ボックス2012を含むモジュール式设计では、すべてのチャンバの電気分離を1点に備えることにより、いくつかの設置位置で電力を切断する必要がなくなる。このモジュール式AC電力分配では、モジュールレベル、装置レベルの点検修理や保守のために、チャンバベースごと、または遠隔構成要素ベースごとに、ロックアウト・タグアウト（LOTO）を集中することが可能となる。

【0065】図21はシステムコントローラ410、代表的処理チャンバ2106、および従来のデバイス・ネット通信構成を図示したチャンバ・トレイ380の略図である。チャンバ制御PCBが中央に設置された従来装置とは異なり、発明の装置におけるチャンバ制御PCB（2114、2115、および2120）は各チャンバ・トレイ380の電子部品ボックス382内に備えられる。システムコントローラ410は、シングル・ボード・コンピュータ2102、大容量記憶デバイス2103およびデバイス・ネット・スキャナ2104を含み、これらは背面2105を介して互いに接続および通信される。シングル・ボード・コンピュータ2102は半導体処理装置200操作の処理能力を提供するもので、中央演算処理装置、ランダム・アクセス・メモリおよびその他の良く知られる電子回路を含む。大容量記憶デバイス2103は、シングル・ボード・コンピュータ2102にデータ記憶容量を提供し、ハードディスク・ドライブ、フロッピー（登録商標）ディスク・ドライブ、その他の記憶容量を含む。デバイス・ネット・スキャナ・カード2104は、様々なデバイス・ネット構成要素や、処理装置200全体に渡って設置されたハブから情報を受け取り、またこれら構成要素やハブに情報を提供する。デバイス・ネット・スキャナ・カード2104は、チャンバやその他の装置構成要素（またはデバイス・ネット・ノードとして知られる）から様々なデバイス・ネット信号を受信し、システムコントローラ410へそれらデバイス・ネット信号を提供する。次に、ルックアップ・テーブル、格納された情報、その他の適切な解釈方法を使用して、システムコントローラ410は入って来るデータを、システムコントローラ410で実行されるソフトウェアやプログラムにより使用可能な、適切な通信信号に変換および解釈する。図21は、スキャナ・カード2104がケーブル2117を介して、チャンバ・トレイ380に設置されたデバイス・ネット・ハブ2111上の中継接続2113へ接続される、1接続を図示する。

【0066】システムコントローラ410と処理装置200の構成要素間の通信が、今度は代表的な処理チャンバ2106に関して説明される。処理チャンバ2106

の処理条件および操作上の状態は、デバイスが提供する情報形式に応じた3つのデバイス・タイプの1つと見なされる、様々なデバイスにより監視および制御される。

【0067】デバイスの第1のタイプは、デバイス・ネット準備デバイスである。構成要素2109は、チャンバ2106と通信するデバイス・ネット・デバイスを代表している。デバイス・ネット準備デバイス2109は、デバイス・ネット・プロトコルによりシステムコントローラ410へ情報を提供し、システムコントローラ410から情報を受け取る。したがって、デバイス・ネット準備デバイス2109に供給、またはデバイス・ネット準備デバイス2109から受信された情報は、それ以上変換されずにシステムコントローラ410へ直接送信される。図21を参照すると、デバイス・ネット準備構成要素2109は適切な電気ケーブル2117を介して、デバイス・ネット・ハブ2111上のノード2112へ接続されている。デバイス・ネット・ハブ2111内では、ノード2112が中継接続2113へ連結され、中継接続2113はシステムコントローラ410へ、デバイス・ネット・スキャナ・カード2104へ接続された適切なケーブル2117を介して連結されている。処理チャンバ2106が代表的な物理的気相成長チャンバである例では、デバイス・ネット準備デバイスの例にイオン/コンベクトロン圧力計制御装置、ヒーター台リフトモータ・ドライバ、および空気圧分配ソレノイド・ブロックを含む。

【0068】デバイスの第2のタイプはアナログ・デバイスである。構成要素2107は、チャンバ2106内の条件に応じてアナログ信号を発生するデバイスを代表している。アナログ・デバイス2107によって発生されたアナログ信号は、チャンバ・トレイ380の電子部品ボックス382内に設置された、アナログ入出力ボード2115へ提供される。アナログ・デバイス2107によって発生されたアナログ信号は、その後、デバイス・ネット信号プロトコルに変換される。アナログ入出力ボード2115の出力は（すなわちデバイス・ネット・プロトコル信号）、適切な電子ケーブル2117を介してデバイス・ネット・チャンバ・ハブ2111上のデバイス・ネット・ノード2112へ連結される。デバイス・ネット・ハブ2111内では、ノード2112が中継接続2113へ連結され、中継接続2113は、デバイス・ネット・スキャナ2104へ接続されたケーブル2117を介してシステムコントローラ410へ連結される。システムコントローラ410からアナログ構成要素2107への信号は、アナログ入出力ボード2115が、システムコントローラからのデバイス・ネット信号を構成要素2107で使用するためにアナログ信号へ変換操作を行なう点を除き、同じ電子経路をたどる。処理チャンバ2106が代表的な物理的気相成長チャンバである例では、アナログ・デバイスはたとえば、バラトロ

ン、マスフローコントローラ、およびRF設定値適合コントローラを含む。

【0069】デバイスの第3のタイプは、デジタル・デバイスである。構成要素2108はデジタル信号を発生するデバイスを代表している。デジタル・デバイス2108により発生されたデジタル信号は、チャンバ・トレイ380の電子部品ボックス382内に設置された、デジタル入出力ボード2114へ提供される。デジタル・デバイス2108によって発生されたデジタル信号は、その後、デバイス・ネット信号に変換される。デジタル入出力ボード2114の出力は（すなわちデバイス・ネット・プロトコル信号）、デバイス・ネット・チャンバ・ハブ2111上のデバイス・ネット・ノード2112へ連結される。デバイス・ネット・ハブ2111内では、ノード2112が中継接続2113へ連結され、中継接続2113は、デバイス・ネット・スキャナ・カード2104へ接続されたケーブル2117を介してシステムコントローラ410へ連結される。システムコントローラ410からデジタル構成要素2108への信号は、デジタル入出力ボード2114が、システムコントローラ410からのデバイス・ネット信号をデジタル構成要素2108で使用するためにデジタル信号へ変換操作を行なう点を除き、同じ電子経路をたどる。処理チャンバ2106が代表的な物理的気相成長チャンバである例では、デジタル構成要素はたとえば、スリットバルブ開閉インジケータ、ヒーター・リフト位置センサ、流量インジケータ、ゲートバルブ・オープン・センサ、およびチャンバリッドスイッチなどを含む。

【0070】上述のように、各チャンバ電子部品ボックス382はデジタル入出力ボード2114とアナログ入出力ボード2115を含んでよい。さらに、各チャンバ電子部品ボックス382は、チャンバ・インタロック・ボード2120を含んでよい。チャンバ・インタロック・ボード2120は、人的な傷害や重大な設備の損傷を防ぐため、システム上のある程度の機能を停止するハードウェア・インタロックを提供するために使用される。たとえば、チャンバのリッドが開いているときの、高圧DC電力の操作を防ぐため、インタロック回路が使用される。

【0071】図22は、本発明の垂直高さを縮小した冷却装置2200の等角図である。電子部品パネル内に配置された複数のプリント回路基板2204を持つ、従来のカード・ケージ2202が図示されている。空気などの冷却流体が、カード・ケージの底に設置された吸気口2206を通して、プリント回路基板の間に提供される。カード・ケージ上部のPCB2204に隣接して冷却ファン2208が設置される。冷却ファンは、プリント回路基板の面に隣接した吸気口を持つ。ファンには、吸気口に直交して空気を排気する、排気口2210が含まれる。結果として、冷却ファンの排気口2210は充

分に冷却するための余分な縦の空間を必要としないため、複数のカード・ケージを積み重ねることができる。排気口2210からの排気は、カード・ケージ2202の出口2214を通して流れる。したがって複数の電子部品ハウジングを垂直面に共に近接して積み重ねたり、また冷却空気はハウジングの上部間を循環せず、代わりに側面を通して排気されるので、ハウジング間の縦空間を縮小することが可能である。

【0072】図23は本発明のモジュール式装置ラック2300の等角図である。モジュール式装置ラック2300は、電力や冷却水を、必要に応じてRF発生器やターゲット・バイアス電源およびヒーター・ドライバなどの遠隔チャンバ構成要素へ提供するために構成されている。最初に構築されるように、モジュール式装置ラック2300は8、4Uサイズまでの電気構成要素用の、トレイやスロット位置を支持する（すなわち4Uサイズの構成要素は約7インチの高さ）。これら8個のスロット位置は2301～2308として示される。個々のスロット位置2301～2308のそれぞれは、電気接点、回路ブレーカ、および電気構成要素を支持するための電気導管を備える。このようなモジュール式设计は、追加構成要素を現行の電気分配フレームワークに容易に加えられるような、頑強な電気接続性と分配設計を備えることにより、装置の拡張を可能にする。

【0073】代表的装置200では、2つのモジュール式装置ラック2300が設置される。1つのラック2300は、たとえばPVDチャンバでのプラズマ操作に使用されるDC電源、プリクリーン・チャンバや同じCVD（化学的気相成長）チャンバでのプラズマ操作のRF電源、および、たとえばタングステンCVDやCVDチタン、CVDアルミニウムなど、ターボ・ポンプを採用するチャンバにおけるターボ・ポンプ制御装置を支持するために使用される。別のモジュール式装置ラック2300を使用して、たとえば熱交換チャンバ302に使用される抵抗ヒーターのためのヒーター・ドライバや、単一基板ロード・ロックのモジュール配分の電力制御のために使用されるランプ・ドライバへ、電気接続性や電気分配を備えてもよい。モジュール式ACロード・センタ2005（図20に示す）に関して上述された製作と安全性の利点も、モジュール式装置ラック2300において見出される。

【0074】図24および図25は搬送体積299と2つの単一ウェーハ・ロード・ロック314、316を、共に規定するモノリス302の、別の実施形態の等角図である。モノリス302は単一のアルミニウム・ブロックから形成される。統合されたモノリスの1つの利点は、2つの単一基板ロード・ロック間のシール面が排除され、それにより図2に図示するように、トランスファチャンバ302上へ個々の単一基板ロード・ロックを搭載する、追加の真空シールの必要が減ることである。統

一されたモノリスを持つことに加え、トランスファチャンバおよび／またはロード・ロックを、そこに密閉して搭載される表皮を持った支持フレームから形成することもできる。

【0075】処理手順および方法

処理装置200を利用して、様々の処理手順を実行することができる。図26および図27は、本発明の2つの並行する処理手順を図示する概略図である。これら並行する処理手順において、ロボット311および313は提携して操作されて、様々の処理位置を通じて1対の基板を搬送し、それにより少なくとも2つの処理ステップで、その基板の対は同時に、あるいはほぼ同時に処理される。これら処理手順において、位置3および4のチャンバは同じタイプのチャンバであり、位置1および2に設置されたチャンバは同じタイプのチャンバであり、位置5および6に設置されたチャンバは同じタイプのチャンバである。たとえば、位置3および4に設置されたチャンバ323と324はプリクリーン・チャンバであり得る。プリクリーン・チャンバ内で非選択プラズマ・エッチング処理が行なわれ、処理されたウェーハの表面や、ウェーハ上に形成された特徴から、自然酸化膜を除去する。様々な前処理プロセスが利用され得る。前処理プロセスでは、たとえばアルゴンや、あるいはヘリウムと水素の混合物から形成されるプラズマや、また水素還元処理が後に続くアルゴン・プラズマを採用してよい。位置1および2に設置されたチャンバ321および322は、シードやバリア層を堆積するのに適したチャンバとなり得る。たとえばチャンバ321と322は、誘導コイルをDCマグネトロンスパッタ堆積法とともに用いて、タンタルおよび／または窒化タンタルなどの、適当なシード層またはバリア層を堆積して、続く金属層堆積の付着性や一致性を高める、物理的気相成長（PVD）チャンバであり得る。このタイプのチャンバの例は、カリフォルニア州、サンタクララのApplied Materials, Inc. 社から市販のイオン化メタルプラズマPVDチャンバがある。位置5および6に設置されたチャンバ325および326は、金属層を堆積するのに適したチャンバであり得る。たとえば、チャンバ321および322はDCマグネトロンスパッタ堆積法を利用して所望の金属層を堆積する物理的気相成長チャンバであり得る。金属被膜中、堆積される代表的な物質には、たとえばアルミニウム、タングステン、および銅が含まれる。2つの適した堆積手順には、たとえば

(1) プリクリーン処理、続いてタンタルまたは窒化タンタルのバリア層またはシード層の堆積、続いて銅層の堆積、または(2) プリクリーン処理、続いてチタンまたは窒化チタンのバリア層またはシード層の堆積、続いてアルミニウム層の堆積、などの手順が含まれる。その他の構成や処理手順を実行することもできる。

【0076】代表的な並行処理手順を、今度は図26を

参照して説明する。大気圧ロボット206がスライド位置208に沿って、処理されるウェーハを有する収納カセット220の隣の位置まで移動する。可動ブレード212および214を用いて、ウェーハ1と2が妥当なカセット220から除去され、それぞれブレード212および214の上に置かれる。大気圧ロボット206は次に、スライド位置208に沿って大気圧オリエンタ・ステーション216へ移動する。ウェーハ1はここで大気圧オリエンタ・ステーション216に積み込まれ、方向が合わせられる。ウェーハ1は次にブレード212に戻され、ウェーハ2がウェーハ・オリエンタ216に置かれる。ウェーハ2が方向合わせされている間、大気圧ロボット206はスライド位置208に沿って単一基板ロード・ロック316に隣り合う位置まで移動する。ウェーハ1は単一基板ロード・ロック316内に積み込まれる。ウェーハ1はここで、単一基板ロード・ロック314が大気圧から搬送真空まで移行する間、予備加熱および脱ガスされる。大気圧ロボット206は、ウェーハ2を大気圧オリエンタ216から単一基板ロード・ロック314へ搬送するために、スライド位置208に沿って移動する。ウェーハ2を単一基板ロード・ロック314へ積み込んだ後、大気圧ロボット206はカセット220へ戻り、ウェーハ3および4をブレード212および214へそれぞれ置く。ウェーハ3および4は、その後方向合わせされて、単一基板ロード・ロック316および314へ、それぞれ搬送されて、ウェーハ1および2について上述したように、予備加熱および脱ガスされる。

【0077】ウェーハ1は単一基板ロード・ロック316からロボット311の主ブレード301上へ搬送され、リフト307へ置かれる。リフト307は、ウェーハ1がロボット313に対して適正な方向でアクセス可能になるよう回転する。ウェーハ1は次に、ロボット313上のブレード309または315のいずれかによってリフト307から除去され、位置4のブリククリーン・チャンバ324内に搬送される。ウェーハ1は次に、適切なブリククリーン処方にしたいチャンバ324で処理される。ウェーハ1をリフト307へ置いた後、ロボット311は単一基板ロード・ロック314からウェーハ2を除去し、ウェーハ2をリフト305へ置く。リフト305はこの後、ウェーハ2がロボット313に対して一致する方向にウェーハ2を置くために回転する。ロボット313はブレード309か315のいずれかを使って、この後ウェーハ2をリフト305から位置3のチャンバ323内へ搬送する。ウェーハ2は次に、チャンバ323で適切なブリククリーン処方にしたい処理される。

【0078】ロボット311はその後、ウェーハ3をロード・ロック316からリフト307へ、ウェーハ4をロード・ロック314からリフト305へ搬送する。ウ

ェーハ3は次にリフト307上で回転され、ロボット313の補助ブレード315の上に置かれる。ウェーハ1がチャンバ324でブリククリーン処理を完了すると、ロボット313は主ブレード309でウェーハ1を除去し、ウェーハ3を回転してチャンバ324内へ置き、続いてウェーハ1をリフト305上へ置く。ウェーハ3に対してブリククリーン処理が開始する。ロボット313は次に補助ブレード315でウェーハ4をリフト305から除去し、ウェーハ2がチャンバ323でブリククリーン処理を完了すると、ウェーハ2を主ブレード309で除去し、チャンバ323へウェーハ4を置き、チャンバ322へウェーハ2を置く。ウェーハ2がチャンバ322へ置かれるのとはほぼ同時に、ロボット311はウェーハ1をリフト305から除去して、ウェーハ1をチャンバ321内に置く。ウェーハ1および2はチャンバ321および322内で、妥当なシード層処方にしたがって処理される。

【0079】上記の搬送が実施される間、ウェーハ5および6は方向付けされ、それぞれ単一基板ロード・ロック316および314へ搬送される。ウェーハ5および6は予備加熱、脱ガスされ、ロボット311によってリフト307および305上へそれぞれ搬送される。ウェーハ1および2がチャンバ321および322で処理を完了すると、ウェーハ1はロボット311によってチャンバ321からチャンバ326へ搬送される。ほぼ同時に、ウェーハ2はロボット313によってチャンバ322からチャンバ325へ搬送される。ウェーハ1および2は、この後チャンバ326および325で、適切な金属堆積ステップにしたがって、同時またはほぼ同時にそれぞれ処理される。

【0080】ウェーハ3がチャンバ324で処理された後、ロボット313がウェーハ3をチャンバ324からリフト305へ搬送し、一方ウェーハ5をリフト307からチャンバ324内へ搬送する。ウェーハ5はこの後、チャンバ324で適切なブリククリーン処方にしたがって処理される。ウェーハ4がチャンバ323で処理された後、ロボット313はウェーハ6をリフト305からチャンバ323へ搬送し、またウェーハ4をチャンバ323からチャンバ322へ搬送する。ウェーハ6はここで適切なブリククリーン処方にしたい処理される。ロボット313がチャンバ322へウェーハ4を置く間、ロボット313はウェーハ3をリフト305から除去し、ウェーハ3をチャンバ321内へ置く。ウェーハ3および4は同時またはほとんど同時に、それぞれチャンバ321および322内で、適切なシード層またはバリ層処理にしたがって処理される。

【0081】上記の搬送が実施される間、ウェーハ7および8は方向付けされ、それぞれ単一基板ロード・ロック316および314へ搬送される。ウェーハ7および8はここで予備加熱および脱ガスされる。ウェーハ2が

チャンバ325で処理を完了すると、ロボット313はウェーハ2をチャンバ325から除去し、ウェーハ2をリフト307へ置く。補助ブレード303で、ロボット311はウェーハ7を単一基板ロード・ロック316から除去し、主ブレード301でウェーハ2をリフト305から除去する。ロボット311は次に、ウェーハ2を単一基板ロード・ロック314内へ置き、ウェーハ7をリフト305上へ置く。次に、ロボット311はウェーハ8を単一基板ロード・ロック314からリフト305へ搬送し、ウェーハ1をチャンバ326から単一基板ロード・ロック316へ搬送する。ウェーハ2および1が単一基板ロード・ロック314および316へそれぞれ置かれると、ロード・ロックが大気圧まで通気される間、ウェーハはロード・ロック内に設置された、温度制御された基板支持を介して冷却される。ロード・ロックが通気されると、大気圧ロボット206が次にウェーハ1および2を、ロード・ロック314および316から収納カセット220へ搬送する。

【0082】上記の搬送が実施される間、ウェーハ3および4はチャンバ322および321内で処理を完了している。ウェーハ1および2に関して上述されたのと同様、ウェーハ3および4が、チャンバ325および326へ搬送され、ほぼ同時に処理される。次に、ウェーハ1、2、3および4について上述されたように、ウェーハ7がチャンバ324へ置かれ、またウェーハ5がリフト305上へ置かれる。ウェーハ8はチャンバ323へ置かれ、ウェーハ6はチャンバ322へ置かれる。ウェーハ5がチャンバ321へ置かれ、それによってウェーハ5と6の処理が同時あるいはほぼ同時に起こる。上述の手順を用いて、1対のウェーハ上に少なくとも2つの処理手順が同時またはほぼ同時に実施されるように、ウェーハの対を、3つの処理手順（すなわちブリク

クリーン、シード層堆積、および金属層堆積）を持つ処理装置200全体にわたり移動させることが可能である。同時またはほぼ同時に処理を実行する1つの利点は、処理チャンバ間で設備を共有することができるため、コストの節約になる。たとえば、チャンバ321および322を上述の並行処理手順にしたがい利用すると、共通のガス供給、マスフローコントローラおよび真空ポンプを共有することができる。

【0083】上述の並行処理手順は、単に本発明の装置上に実施され得る、非常にたくさんの搬送経路の実例にすぎない。たとえば最初にウェーハがチャンバ323および324へ搬送され、続いてチャンバ325と326での処理をすることができる。単一基板ロード・ロック314および316を介して装置を出る前に、ウェーハがチャンバ321および322内で処理される場合もある。処理装置200全体を通じてのウェーハのスループットは減少するが、ロボット313と311を、図4Aに図示される2枚ブレード・ロボットのかわりに1枚の

ブレードのみを持つタイプにすることもできる。処理チャンバ321～326を、具体的な金属被膜手順を実行するよう選択することもできる。たとえば、銅の堆積手順で、チャンバ323および324をブリククリーン・チャンバ、チャンバ322および321をタンタルまたは窒化タンタルのシード層堆積に適したチャンバ、およびチャンバ325および326を銅層の堆積に適したチャンバとする。処理装置200をアルミニウム堆積に使用する別の例では、処理チャンバ323および324がまたブリククリーン・チャンバである。チャンバ322および321はチタンまたは窒化チタンのシード層を堆積するのに適したチャンバである。チャンバ325および326がアルミニウムの堆積に適したチャンバとなる。

【0084】図27に、処理手順の別の例が概略的に示される。図27では、ウェーハ1、3、5、7などはロード・ロック314からリフト305、チャンバ323、リフト307、チャンバ321、チャンバ326へ移動され、その後ロード・ロック314へ移動される。ウェーハ2、4、6、8などは、ロード・ロック316からリフト307、チャンバ324、チャンバ322、チャンバ325、リフト305へ移動され、その後ロード・ロック316へ戻る。連続する移動の間にロボットが動く距離は、この手順により短縮される。

【0085】自動処理装置200は、2重連続モードで処理操作を実施するようにも利用することが可能である。2重連続モードではチャンバ323と324が同じチャンバ・タイプであり、チャンバ322と325が同じチャンバ・タイプであり、チャンバ321と326が同じチャンバ・タイプである。たとえば基板がブリククリーンされ、次にバリア層を堆積し、続いて金属層が堆積される金属被膜処理手順のような代表的な処理手順では、チャンバ323および324はブリククリーン・チャンバであり、チャンバ322および325は所望の金属層に適したシード層またはバリア層を堆積するよう構成され、チャンバ321および326は所望の金属層を堆積するよう構成されたチャンバである。所望の金属層がたとえば銅であるとき、チャンバ322および325は、たとえば酸化タンタルや窒化タンタルなど適したバリア層またはシード層を堆積するよう構成される。

【0086】2重連続処理手順において、装置を通した1つの代表的な基板の移動手順は、単一基板ロード・ロック314からチャンバ323へ、ロボット311、リフト305およびロボット313を介して移動し、チャンバ323からチャンバ322へロボット313を介して移動し、チャンバ322からチャンバ321へ、ロボット313、リフト305およびロボット311を介して移動し、チャンバ321から単一基板ロード・ロック314へ移動する。装置を通した、別の代表的な基板の移動手順は、単一基板ロード・ロック316からチャンバ324へ、ロボット311、リフト307およびロボ

ット313を介して移動し、チャンバ324からチャンバ325へロボット313を介して移動し、チャンバ325からチャンバ326へ、ロボット313、リフト307およびロボット311を介して移動し、チャンバ326から単一基板ロード・ロック316へ移動する。1対の基板がほぼ同時に処理される、上述の並行処理手順とは異なり、2重連続処理手順では、基板は2つの分かれた連続処理経路に沿って進み、これら経路を通じて搬送体積299を利用、共有する。

【0087】2重連続処理手順を、今度は銅の堆積手順に関して説明する。たとえばチャンバ323と324は、カリフォルニア州、サンタクララのApplied Materials, Inc. 社から市販のReactive Pre-Clean II Chamberなどのプリクリーン・チャンバであり、チャンバ322と325はタンタルまたは窒化タンタルを堆積するよう構成された、やはりカリフォルニア州、サンタクララのApplied Materials, Inc. 社から市販のIMP PVD Chamberであり、チャンバ321と326は銅を堆積するよう構成された、カリフォルニア州、サンタクララのApplied Materials, Inc. 社から市販のIMP VECTRAPVD Cu Chamberなどのチャンバである。

【0088】図28～図63は、基板のスルーブットを最適化するように構成および操作される、処理装置の様々な代表的処理段階を表わす。図示された処理装置は図4Aに示した実施形態と類似であり、これを参照できる。図28～図63に図示されるように、処理装置200は5つの処理チャンバ321～326と、それぞれがトランスファチャンバ302に取り付けられた2つのロード・ロック314、316を含む。トランスファチャンバ302は搬送ロボット311、313およびリフト305、307を含む。図28～図63に描かれた処理装置は、ライナ・バリア処理手順のために構成することができ、たとえばチャンバ324はチタン堆積用に構成されたチャンバで、チャンバ321と322は基板のプリクリーン操作用に構成されたチャンバで、チャンバ325と326は窒化チタン堆積用に構成されたチャンバである。

【0089】基板は大気圧ロボット206（図4Aに示す）によって単一基板ロード・ロック314、316のいずれかに積み込まれる。単一基板ロード・ロックが妥当な搬送圧力まで真空引きされる間、妥当な脱ガス処方にしたい基板が脱ガスされる。次に、基板がロボット311によってプリクリーン・チャンバ322、321のいずれかに搬送され、そこで妥当なプリクリーン処方が実施される。次に、基板がチャンバ324へ搬送され、そこでチタン層が堆積される。次に基板はチャンバ325または326のいずれかに搬送され、そこで窒化

チタン層が堆積される。最後に、冷却および次に大気圧ロボット206により所望の収納カセット220へ搬送するために、基板は単一基板ロード・ロック314、316のいずれかに搬送される。処理手順の代表的な時間は、たとえば脱ガス操作に約30秒、クリーニング処理に約45秒、チタン堆積操作に約25秒、窒化チタン堆積操作に約45秒、および冷却操作に約10秒である。上記各操作の正確な処理時間は、適用に応じて変わる。処理装置200に備えられる処理チャンバの数およびタイプが、各チャンバそれぞれの処理操作時間同様、スルーブットおよび搬送を考慮のもとに選択されることは良く理解されるべきである。

【0090】図28～図52を参照して、処理段階1～25の実例をより良く理解することができる。処理段階1～25はそれぞれ、図中1～12に番号の付けられた、一連のウェーハの上記搬送手順を表わす。処理段階1～18は、一時的処理段階と呼ばれ、最初に装置を基板で埋めるために使用する処理手順を表わしている。満載の装置とは、各処理チャンバ321～326が基板を含み、各搬送ロボット311、313がブレード上に基板を置いて持ち、基板がリフト305、307いずれかの上に置かれている処理段階を言う。装置が満載になると、安定状態の処理段階（たとえば図28の6つの処理状態19～24）が、上述の処理手順にしたがって、基板が絶え間なく装置を通じて循環する間、繰り返される。処理装置200が、非常にたくさんのその他の処理手順やチャンバ構成を提供するように構成可能であることは理解されるべきである。

【0091】処理段階25は処理段階19と同様、処理段階19～24に図示された6つの安定状態の処理段階の、別の1セットの第1段階である。安定状態の処理段階中の装置操作は、ウェーハが処理装置を順番にまわる間にウェーハ交換を実施することの別の利点をもたらす。ウェーハ交換は2枚ブレード・ロボットによって実行されるウェーハ移動手順のことであり、すなわち1枚の基板を運ぶロボット（たとえば搬送ロボット311、313や大気圧ロボット206）が、基板を空のブレードによって取り上げ、そして自分が運んでいた基板を、今基板を除去した位置へ置く。たとえば、基板交換は処理段階9と10の間で生じ、ウェーハ1を搬送ロボット313のブレードからリフト305へ移動し、またウェーハ5をリフト305から搬送ロボット313の別のブレードへ移動することを表す。ウェーハ5の解説を続けると、ロボット313は処理段階10と11の間で別のウェーハ交換を実施し、そこではウェーハ3がロボット313の空のブレード（すなわち、ウェーハ5を収容していないロボット・ブレード）によってチャンバ322から除去され、続いてウェーハ5がチャンバ322内に置かれる。

【0092】処理段階1（図28）はウェーハ1および

2を、それぞれロード・ロック314、316へ置くことを図示したものである。ウェーハ1および2は、ロード・ロック314、316が適切な搬送圧力までポンプ引きされる間、所望の脱ガス処方にしたがって脱ガスされる。処理段階2（図29）はロード・ロック314からリフト305へのウェーハ1の搬送を図示する。ロード・ロック314は大気圧まで通気され、次にウェーハ3が積み込まれ、ロード・ロック314が再び搬送圧力まで真空引きされる間、ウェーハ3は脱ガスされる。処理段階3（図30）はウェーハ1および2をチャンバ322および321内へそれぞれ搬送し、ここでウェーハ1および2が所望のクリーニング処方にしたがって処理されるのを図示する。ロード・ロック316は大気圧まで通気される。ロード・ロック316が搬送圧力までポンプ引きされる間、ウェーハ4が積み込まれ脱ガスされる。処理段階4（図31）は、ウェーハ3のロード・ロック314からリフト305への移動、およびロード・ロック314の通気、ロード・ロック314が搬送圧力までポンプ引きされる間の、基板5の積み込みおよび脱ガスを図示する。処理段階5（図32）は搬送ロボット313のブレード上へのウェーハ3の移動、および搬送ロボット311のブレード上へのウェーハ4の移動を図示する。処理段階5もまた、ロード・ロック316内への基板6の積み込みと、続く脱ガスと搬送圧力までの排気を図示している。

【0093】処理段階6（図33）は、ロボット313および311により実施される同時ウェーハ交換を図示する。ロボット313はウェーハ3とウェーハ1を交換し、同時にロボット311はウェーハ4とウェーハ2を交換する。ウェーハ3と4は、今チャンバ321、322内で実施される所望のクリーニング処方により洗浄されている。処理段階7（図34）はウェーハ1のチャンバ324への移動を図示し、ここで所望のチタン堆積処理が実施される。またロボット311のブレードから、リフト307の位置へのウェーハ2の移動も示される。処理段階8（図35）はロボット313のブレード上へのウェーハ2の移動と、ロード・ロック314からリフト305へのウェーハ5の移動を図示する。また、ウェーハ7のロード・ロック314への移動も示される。ウェーハがロード・ロック314または316のいずれかへ積み込まれるときに、ウェーハが所望の脱ガス処方にしたがって脱ガスされ、また関連するロード・ロックが妥当な搬送圧力まで排気されて、単一基板ロード・ロックから搬送ロボット311のブレード上へウェーハを移動しやすくしていることはよく理解されるべきである。ウェーハがロード・ロックから搬送ロボット311のブレード上へ搬送された後、ロード・ロックは大気圧ロボット206から別のウェーハを受け取るために、大気圧まで通気される。さらに、たとえば処理状態20や処理状態22など後の処理状態では、ロード・ロック314

および316は大気圧まで通気されるだけでなく、ウェーハがトランスファチャンバ302を出るまでに、ウェーハの冷却操作を実施するためにも使用される（たとえば、処理状態20ではウェーハ1が冷却され、処理状態22ではウェーハ2が冷却される）。

【0094】処理段階9（図36）では、ロボット313がウェーハ1と2の間でウェーハ交換を実施する。ウェーハ6がロボット313のブレード上に搬送され、ウェーハ8がロード・ロック316に積み込まれる。処理段階10（図37）では、ロボット313はウェーハ1と5の交換を実施する。処理段階11（図38）では、ロボット313と311が同時に交換を実施する。ロボット313はウェーハ5と3を交換し、一方ロボット311はウェーハ4と6を交換する。処理段階12（図39）では、ロボット313がウェーハ2と3を交換し、一方ロボット311がウェーハ1と4を交換する。処理段階13（図40）では、ロボット311と313がウェーハ1と2をチャンバ325と326へ同時に積み込む。ウェーハ1と2はその後、所望の窒化チタン堆積処理にしがたい処理される。処理段階14（図41）では、ウェーハ4がロボット313のブレード上へ移動され、ウェーハ7がリフト307へ移動される。さらに、ウェーハ9がロード・ロック314内へ積み込まれる。処理段階15（図42）は、ウェーハ3と4に対してロボット313により実施されるウェーハ交換を図示する。処理段階16（図43）は、ウェーハ3と7の間で、ロボット313により実施されるウェーハ交換と、ロボット311のブレード上へのウェーハ8の移動と、ロード・ロック316内へのウェーハ10の積み込みを図示するものである。処理段階17（図44）は、ウェーハ5と7の間およびウェーハ6と8の間で、ロボット313および311によってそれぞれ実施される、同時交換を図示している。処理段階18（図45）は、ウェーハ4と5の間でロボット313により実施され、ウェーハ3と6の間でロボット311により実施される、同時ウェーハ交換を図示するものである。処理段階19（図46）は、ウェーハ2と4の間、およびウェーハ1と3の間で、ロボット313および311によりそれぞれ実施される、同時ウェーハ交換を図示する。処理段階20（図47）はウェーハ1と9の間でロボット311により実施されるウェーハ交換を図示する。処理段階20では、ロード・ロック314はウェーハ1の冷却チャンバとして働く。これは、ウェーハ1がロード・ロック314内に設置された水冷却台上へ移動することに相当する。処理段階20はまた、ウェーハ2と6の間でロボット313により実施されるウェーハ交換も図示する。【0095】処理段階21（図48）では、ウェーハ1は完全に処理され、ロード・ロック314から大気圧ロボット206によって取り出されている。ウェーハ1の取り出し後、大気圧ロボット206はウェーハ11をロ

ード・ロック314内に置くウェーハ交換を実施する。さらにロボット313と311が、ウェーハ5と6の間、およびウェーハ2と9の間で、それぞれウェーハ交換を実施する。処理段階22(図49)では、ロボット311がウェーハ2と10の間でウェーハ交換を実施する。ウェーハ2が、今ロード・ロック316内で冷却されている。ロボット313はウェーハ9と5の間でウェーハ交換を実施する。処理段階23(図50)では、大気圧ロボット206が、入って来るウェーハ12と処理済ウェーハ2とを交換する。同時に、ロボット313と311がウェーハ7と9の間、およびウェーハ8と10の間で、それぞれウェーハ交換を実施する。処理段階24(図51)では、ロボット313と311がウェーハ6と7の間、およびウェーハ5と8の間で、それぞれウェーハ交換を実施する。処理段階25(図52)は、ロボット313と311により、ロボット上に置かれたウェーハと、チャンバ325および326内に置かれたウェーハの間で実施される、同時ウェーハ交換を図示する。この同時ウェーハ交換は、処理状態19に関して記述されたウェーハ交換と類似のものであり、ウェーハが処理装置中を、上述の処理手順にしたがって体系的に循環する間繰り返される、次の安定状態処理状態の連続を表わすことを良く理解すべきである。このように、処理状態19~24によって図示されたウェーハ搬送手順は、図28に構成され記述されるような処理装置200によって実行される、安定状態の処理手順を表わすものである。

【0096】前記は本発明の好ましい実施形態に向けられたものであるが、本発明のその他の、またはさらなる実施形態が、本発明の基本範囲から逸脱することなく考案し得、本発明の範囲は以下の特許請求の範囲によって定義されるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の処理装置の平面図である。

【図2】従来の処理装置における設備線の概略図である。

【図3】本発明の処理装置の、1実施形態の等角図である。

【図4A】本発明の処理装置の、1実施形態の平面図である。

【図4B】本発明のリフトの略断面図である。

【図4C】本発明のロード・ロックの略断面図である。

【図5】本発明の処理装置の、1実施形態の略等角図である。

【図6】本発明のメインフレーム配管トレイの、1実施形態の等角図である。

【図7】本発明のメインフレーム配管トレイの、1実施形態の等角図である。

【図8】本発明のメインフレーム配管トレイの、1実施形態の平面図である。

【図9】本発明のメインフレーム配管トレイの、設備インタフェースの側面図である。

【図10】本発明のメインフレーム配管トレイの、3つのチャンバ・インタフェースの側面図である。

【図11】Aは本発明のチャンバ・トレイの、1実施形態の等角図である。Bは本発明のチャンバ・トレイの、1実施形態の等角図である。

【図12】配管トレイ内に配された、ガス線マニホールドの等角図である。

10 【図13】配管トレイ内に配された、ヘリウム(不活性流体)マニホールドの等角図である。

【図14】配管トレイ内に配された、システム真空マニホールドの等角図である。

【図15】配管トレイ内に配された、給水マニホールドおよび排気マニホールドの等角図である。

【図16】各設備との関係を図示するメインフレーム配管トレイの等角図である。

【図17】各設備との関係を図示するメインフレーム配管トレイの断面図である。

20 【図18】6つのチャンバ・トレイに接続されたメインフレーム配管トレイの平面図である。

【図19】モジュール式DC電源の正面図である。

【図20】モジュール式ACロード・センターの正面図である。

【図21】システムコントローラの概略図である。

【図22】電子ラックと冷却装置の等角図である。

【図23】モジュール式設備ラックの概略図である。

【図24】本発明のモノリスの、別の実施形態の等角図である。

30 【図25】本発明のモノリスの、別の実施形態の等角図である。

【図26】処理手順を示す装置の概略図である。

【図27】処理手順を示す装置の概略図である。

【図28】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図29】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図30】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図31】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図32】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図33】処理段階を示す処理装置の概略図である。

40 【図34】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図35】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図36】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図37】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図38】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図39】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図40】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図41】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図42】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図43】処理段階を示す処理装置の概略図である。

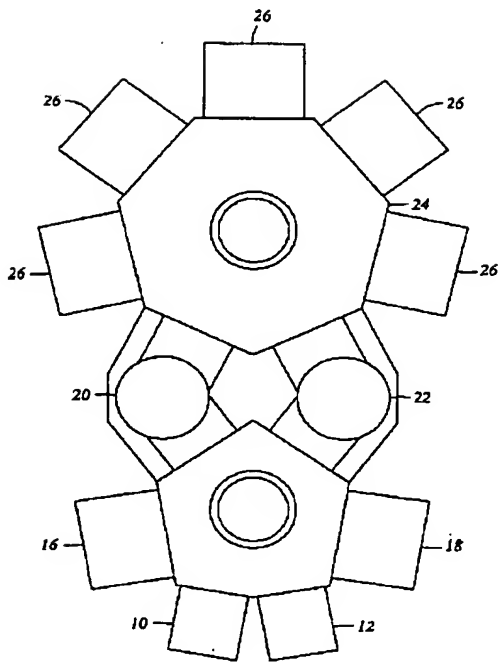
50 【図44】処理段階を示す処理装置の概略図である。

【図45】処理段階を示す処理装置の概略図である。
 【図46】処理段階を示す処理装置の概略図である。
 【図47】処理段階を示す処理装置の概略図である。
 【図48】処理段階を示す処理装置の概略図である。
 【図49】処理段階を示す処理装置の概略図である。
 【図50】処理段階を示す処理装置の概略図である。
 【図51】処理段階を示す処理装置の概略図である。
 【図52】処理段階を示す処理装置の概略図である。
 【符号の説明】

10…ロード・ロック、12…ロード・ロック、16…プリクリーン・チャンバ、18…プリクリーン・チャンバ、20…ステージング・チャンバ、22…ステージング・チャンバ、24…後部トランスファチャンバ、26…処理チャンバ、200…自動処理装置、205…工場インタフェース、206…大気圧ロボット、208…スライド位置、212…可動ブレード、214…可動ブレード、216…大気圧基板オリエンタ、218…ウェーハ収納位置、220…カセット、222…基板、299…搬送体積、300…メインフレーム、301…主ブレード、302…トランスファチャンバ、303…補助ブレード、304…リッド、305…リフト、306…リッド上昇機構、307…リフト、308…ハブ、309…主ブレード、310…センサー、311…搬送ロボット、312…覗き窓、313…搬送ロボット、314…単一基板ロード・ロック、315…補助ブレード、316…単一基板ロード・ロック、317…真空装置、318…粗引きポンプ、319…ウェーハ検知装置、320…低温ポンプ、321…チャンバ位置、322…処理チャンバ、323…処理チャンバ、324…処理チャンバ、325…処理チャンバ、326…処理チャンバ、331…アクセスポート、332…スリットバルブ、333…外部扉、350…メインフレーム配管トレイ、354…システム真空マニホルド、358…空気圧分配継手、361…窒素通気ガス線、362…水冷装置、363…予備ガス線、364…液体ヘリウム供給、365…窒素処理ガス線、366…液体ヘリウム戻り、367…アルゴン処理ガス線、369…区切り点または接続部、370…給水マニホルド、372…システム排気マニホルド、380…チャンバ・トレイ、382…電子部品ボックス、400（図3）…補助装置、400（図4B）…支持シャフト、402…台座、403…リフト・フィンガー、404…リフト・アセンブリ、406…回転アセンブリ、408…ベロー、410…システムコントローラ、430…設備ラック、440…メインACボックス、448…石英窓、450…熱源、452…ガス供給装置、454…支持台、456…導管、460…ガス供

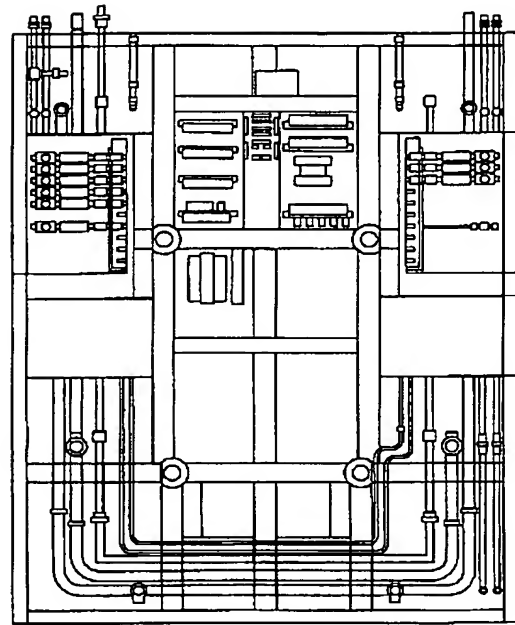
給装置、461～463…遮断弁、464…計器弁、466…ディフューザ、470…遮断弁、472…遮断弁、480…リフト・フープ、482…支持シャフト、486…リフト・アセンブリ、487…搬送位置、488…上昇位置または脱ガス位置、490…冷却位置、492…フィンガー、500…チャンバ・インタフェース、510…設備インタフェース、515…真空線、550…開口、552…開口、554…開口、556…開口、602…汚染保護枠、604…カバー・パネル、606…カバー・パネル、902…空気圧制御接続、904…排気接続、906…ガス供給線、908…冷却水供給接続、910…冷却水供給接続、912…ヘリウム供給および戻り、914…噴出空気、916…空気圧制御、918…純水供給、920…窒素パージ、922…システム真空、924…システム排気、926…電子部品接続、928…処理ガス接続、930…ヘリウム供給、932…ヘリウム戻り、934…噴出空気、936…空気圧制御、938…空気排気、940…システム真空、942…純水接続、950…EMO接続、952…DC電源接続、954…検出ポート、956…インタロック接続ポート、970…EMO接続、972…DC電源接続、974…インタロックPCB接続、1100…支持フレーム、1101…可調脚、1102…デバイス・ネット・ハブ、1104…チャンバ真空ポート、1106…チャンバ空気圧分配マニホルド、1108…空気圧制御バルブ、1110…ガスパネル、1112…マスフローコントローラ、1114…閉止弁、1300～1301…区切り点、1402…導管、1404…自在接続、1701…ガス・マニホルド、1702…ヘリウム・マニホルド、1800…真空接続ポート、1801…真空線、1901…DC電源、2005…モジュール式ACロード・センター、2010…主配電パネル、2012…チャンバ電気配電ボックス、2102…シングル・ボード・コンピュータ、2103…大容量記憶デバイス、2104…デバイス・ネット・スキャナ、2105…背面、2106…処理チャンバ、2107…アナログ・デバイス、2108…デジタル・デバイス、2109…デバイス・ネット準備デバイス、2111…デバイス・ネット・ハブ、2112…ノード、2113…中継接続、2114…デジタル入出力ボード、2115…アナログ入出力ボード、2117…ケーブル、2120…チャンバ・インタロック・ボード、2200…冷却装置、2202…カード・ゲージ、2204…プリント回路基板、2206…吸気口、2208…冷却ファン、2210…排気口、2214…出口、2300…モジュール式装置ラック、2301～2308…スロット位置

【図1】



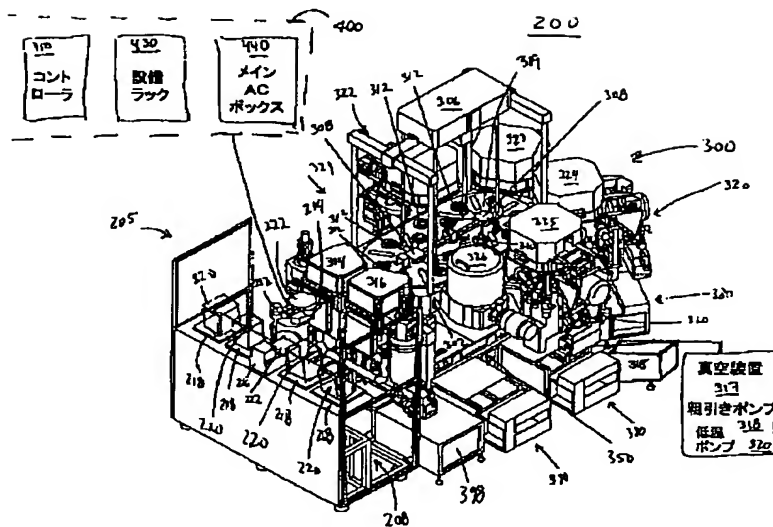
従来技術

【図2】

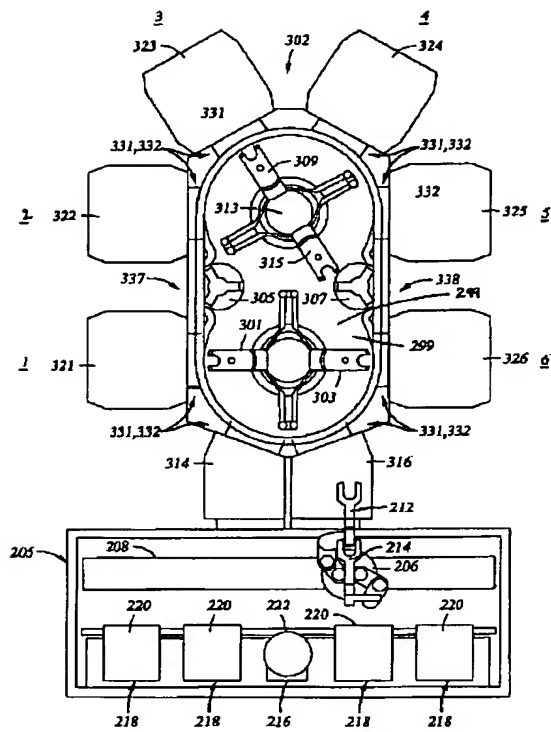


従来技術

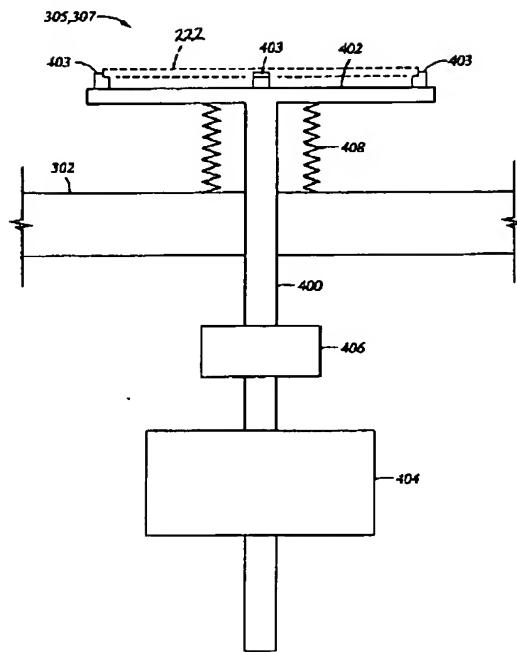
【図3】



【図 4 A】

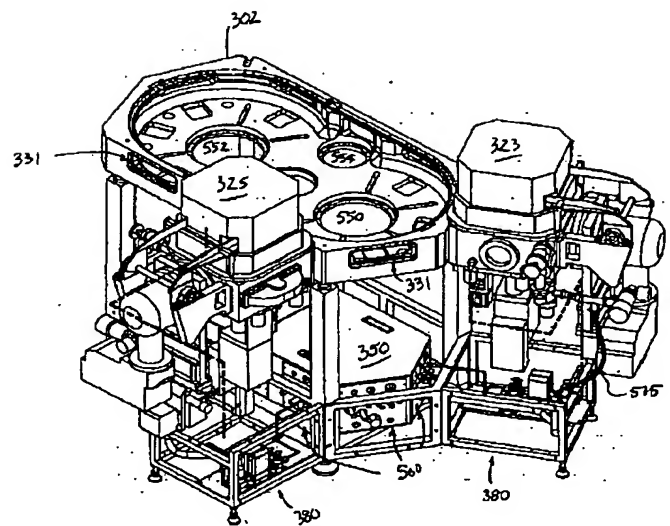
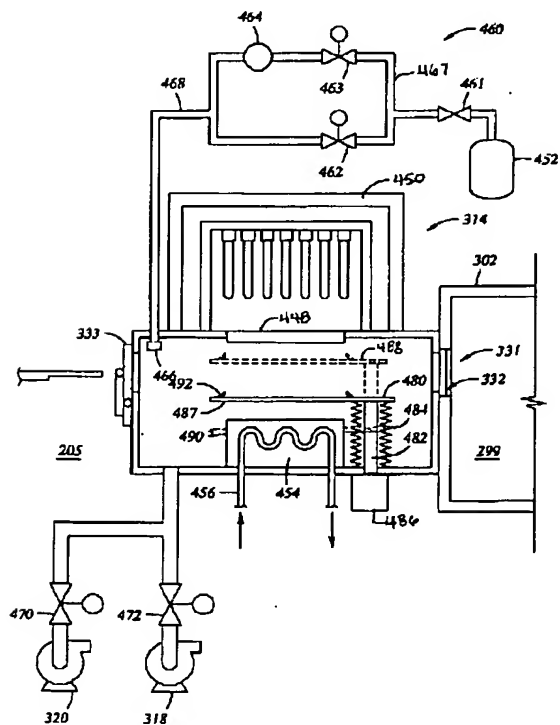


【図 4 B】

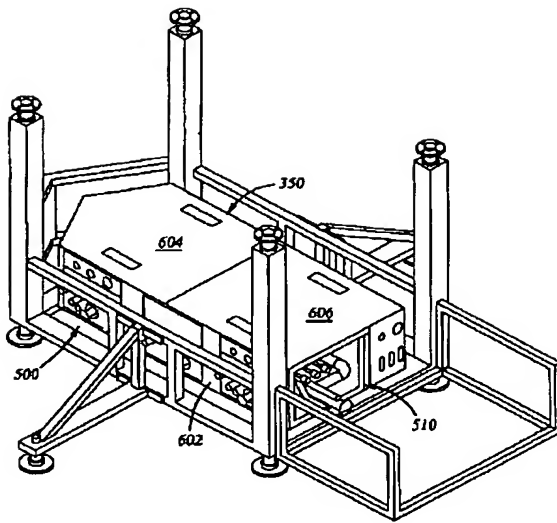


【図 5】

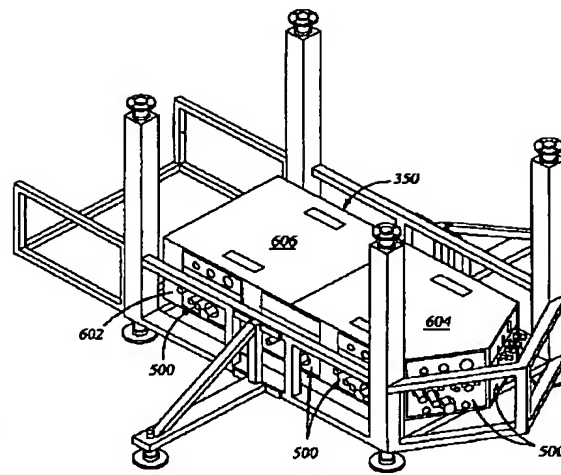
【図 4 C】



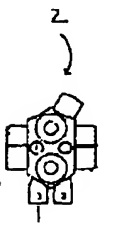
【図6】



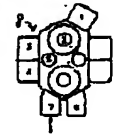
【図7】



【図29】

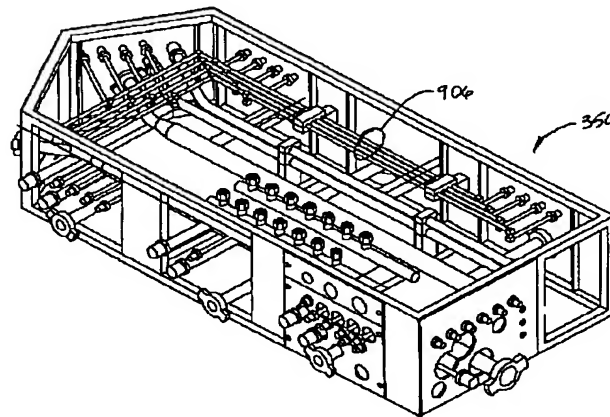
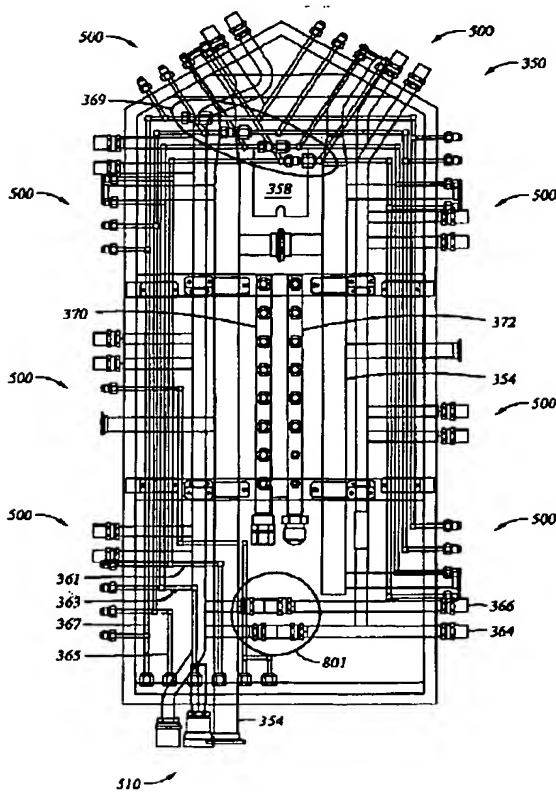


【図35】

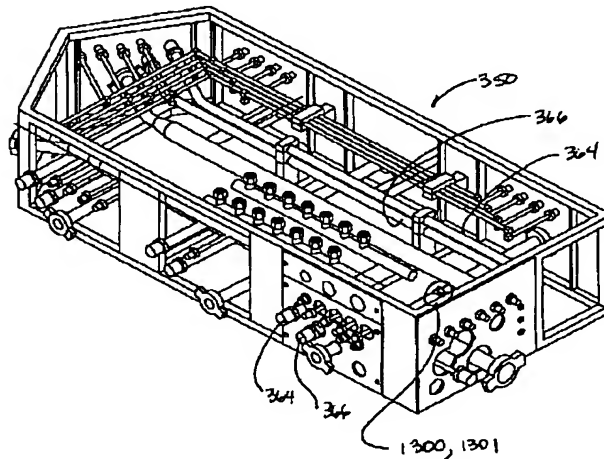


【図12】

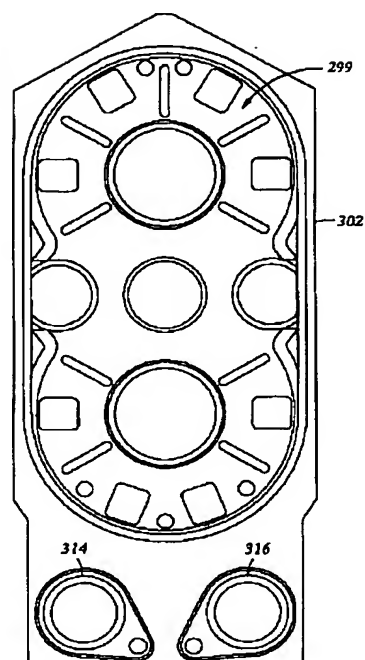
【図8】



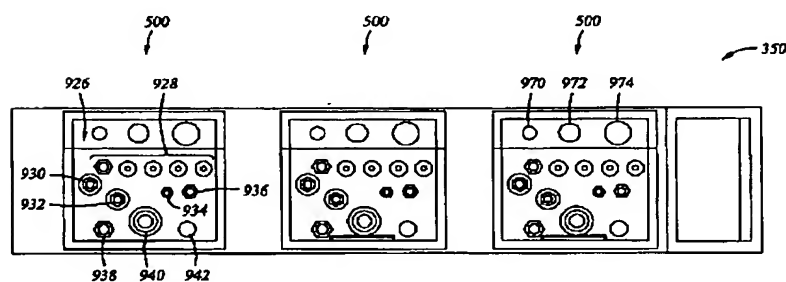
【図13】



【图 2 4】

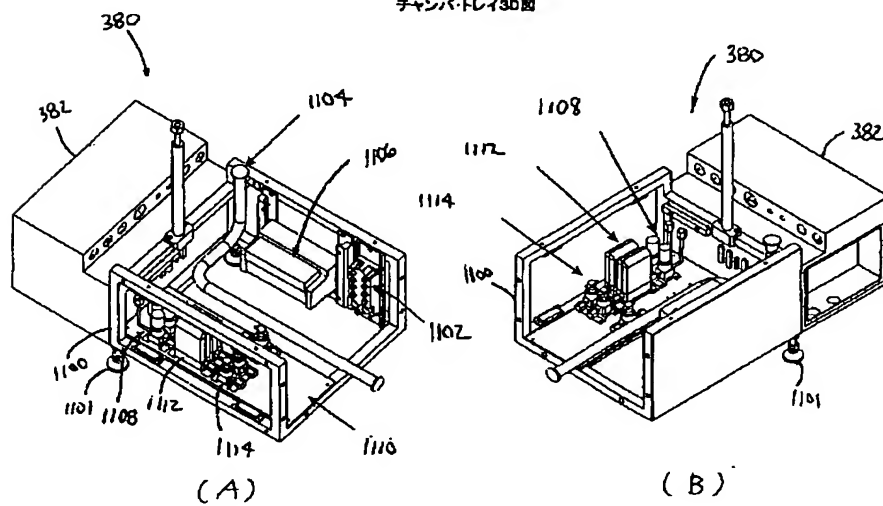


【図 10】



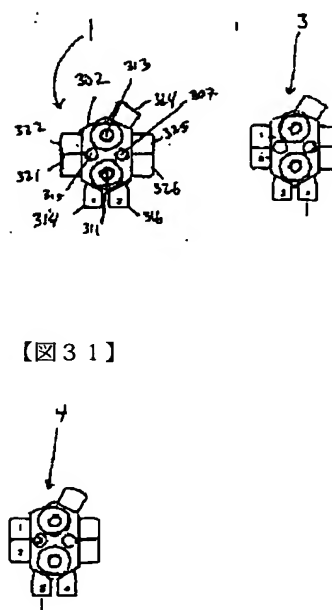
【图 1-1】

チャンバ・トレイ3D図

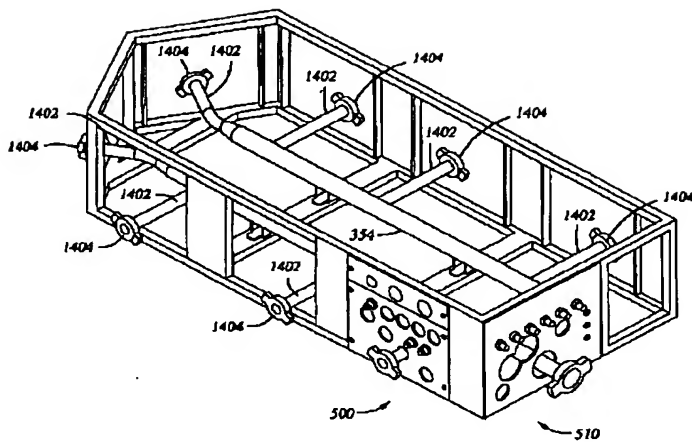


【图 28】

【図 30】



【図14】

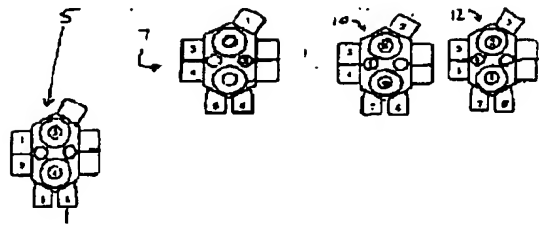


【図32】

【図34】

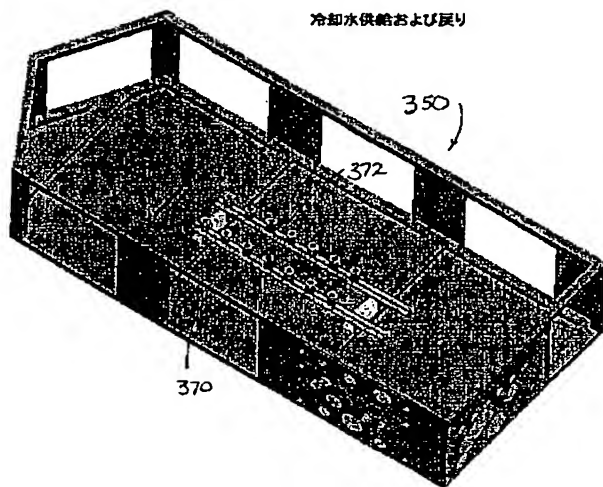
【図37】

【図39】

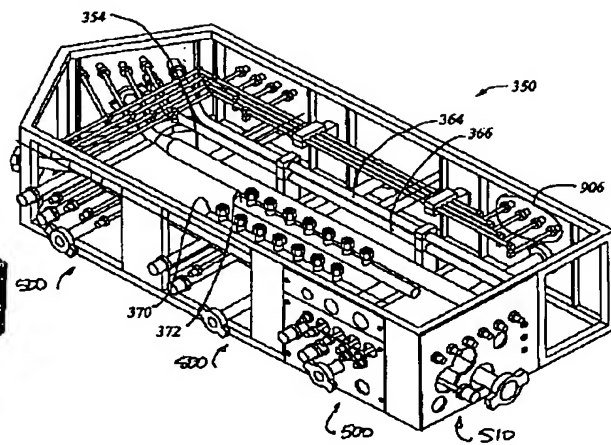


【図15】

【図16】



冷却水供給および戻り



【図17】

【図33】

【図36】

【図38】

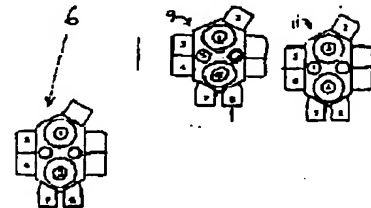
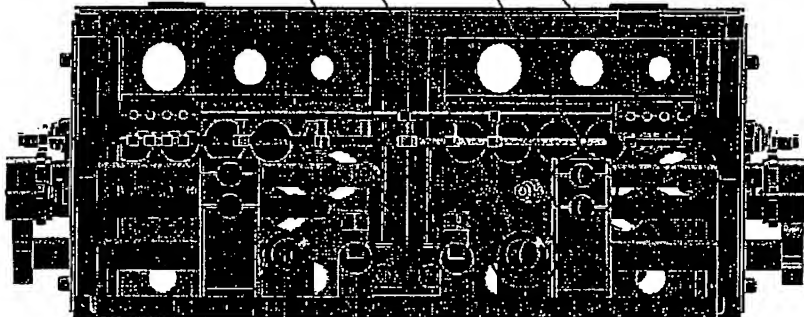
メインフレーム配管レイの断面図

1701 ガス・マニホルド

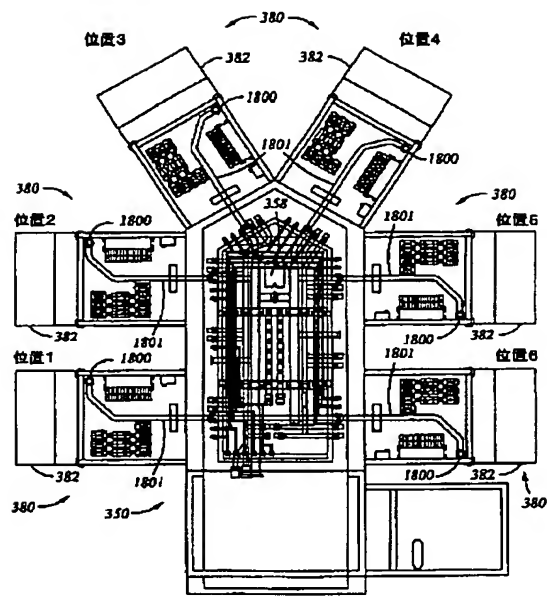
1702 ヘリウム・マニホルド

354 真空マニホルド

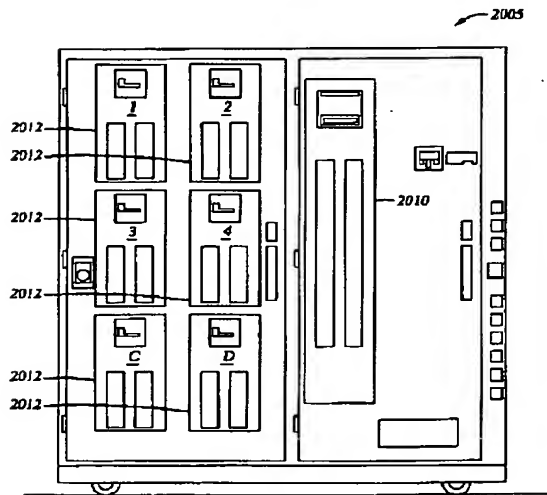
370 給水マニホルド



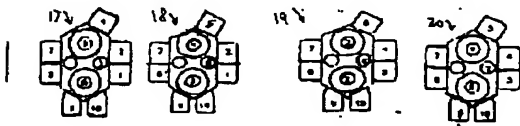
【図18】



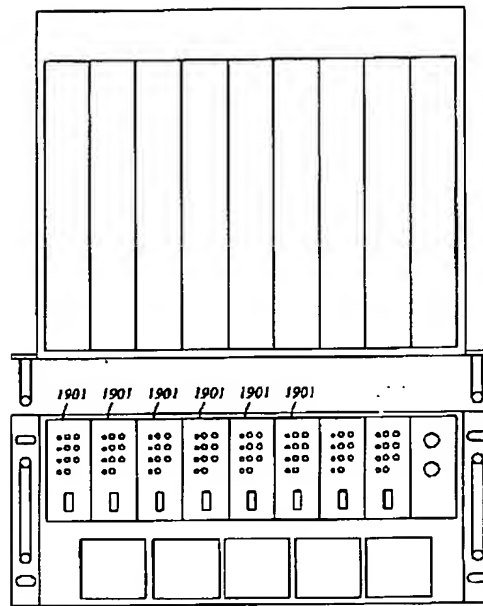
【図20】



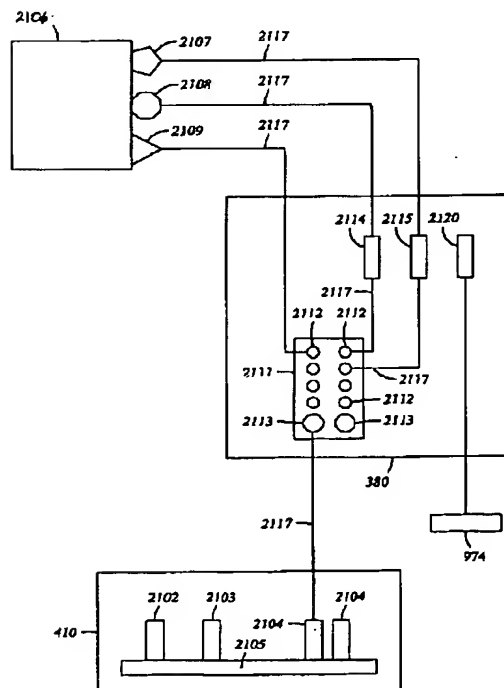
【図44】 【図45】 【図46】 【図47】



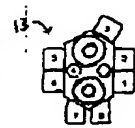
【図19】



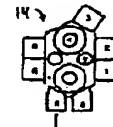
【図21】



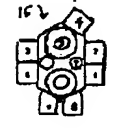
【図40】



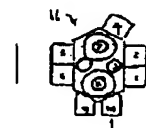
【図41】



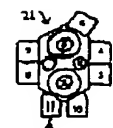
【図42】



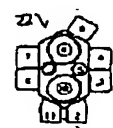
【図43】



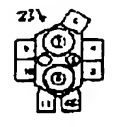
【図48】



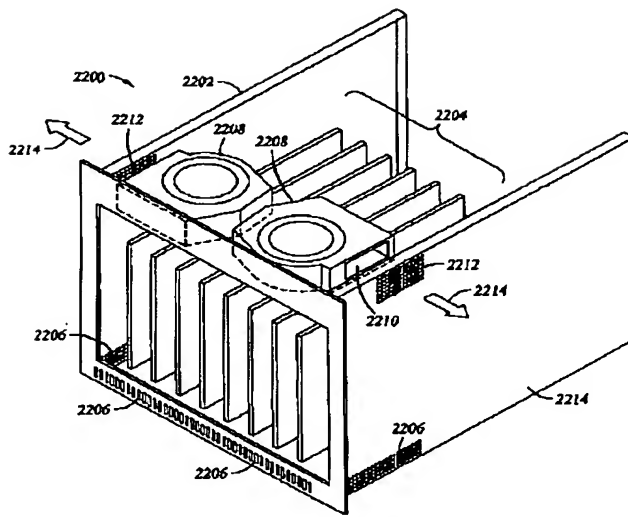
【図49】



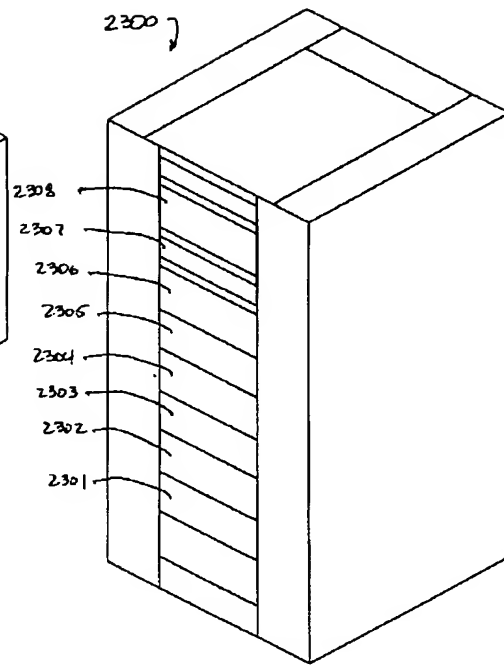
【図50】



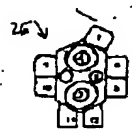
【図22】



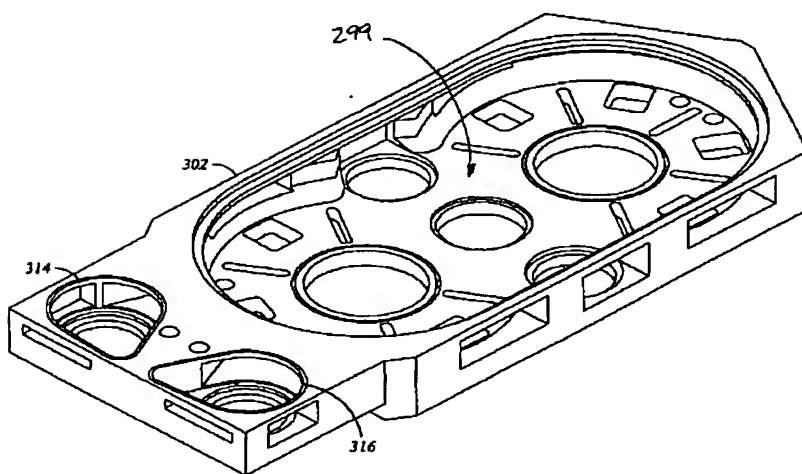
【図23】



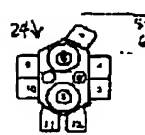
【図52】



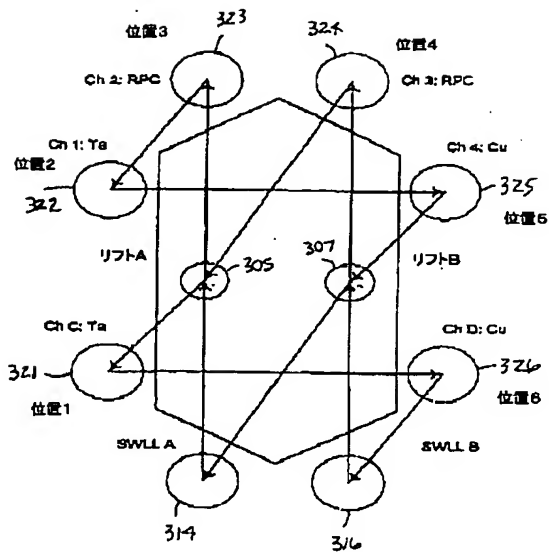
【図25】



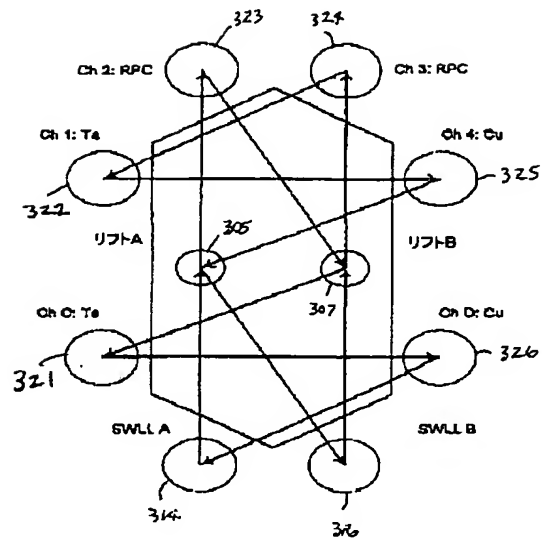
【図51】



【図 26】



【图 27】



フロントページの続き

- (72) 発明者 アヴィ テップマン
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州,
 クパティノ, レインボー ドライヴ
 21610
- (72) 発明者 クレーグ ビー. トッド
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州,
 サン ノゼ, サウス ヘンリー アヴェ
 ニュー 630
- (72) 発明者 ジェイムズ エンハオ ユー
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州,
 サンタ クララ, ヘイゼルウッド アヴ
 ェニュー 3113

- (72) 発明者 ダエファン ダニエル キム
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州,
 サニーヴェイル, ハンプトン ドライヴ
 1366
- (72) 発明者 クリス ブッシュナー
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州,
 サンタ クララ, ベアード アヴェニュー
 776
- (72) 発明者 シヴ クマール
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州,
 サン ノゼ, クォイル クリーク サー
 クル 1047

【外国語明細書】

1 Title of Invention

INTEGRATED MODULAR PROCESSING PLATFORM

2 Claims

1. An apparatus for processing substrates, comprising:
 - a) a transfer chamber;
 - b) one or more load lock chambers connected to the transfer chamber;
 - c) one or more process chambers connected to the transfer chamber;
 - d) a modular plumbing tray disposed adjacent the transfer chamber and having facility connections for one or more of the process chambers and the load lock chambers; and
 - e) a chamber tray disposed adjacent the one or more of the process chambers, load lock chambers and transfer chamber, the chamber tray having facility connections connected to one or more facility connections in the plumbing tray.
2. A method of processing a substrate, comprising:
 - a) introducing a substrate into a load lock chamber from atmospheric pressure;
 - b) degassing and/or pre-heating the substrate in the load lock chamber;
 - c) introducing the substrate into a transfer chamber; and
 - d) processing the substrate in one or more process chambers.
3. The method of claim 2 further comprising:
 - e) introducing the substrate into the load lock chamber;
 - f) cooling the substrate in the load lock chamber; and then
 - g) venting the load lock chamber to atmospheric pressure.
4. An apparatus for distributing facility to devices on a processing system, comprising:
 - a) an enclosure having at least one facility interface and one or more chamber interfaces; and

b) one or more of a process gas manifold, vacuum manifold, water manifold and a helium manifold disposed in the enclosure connected between the at least one facility interface and the one or more chamber interfaces.

5. An apparatus for distributing facility, comprising:

a) a support frame having one or more of an electronics box, a gas panel, a vacuum line and a controller device disposed thereon.

6. A method of processing substrates, comprising:

a) positioning a pair of substrates on two blades on separate robots in a processing system;

b) moving the substrates in parallel to a pair of first process chambers; and then

c) moving the substrates in parallel to a pair of second process chambers.

BACKGROUND OF THE INVENTION**Field of the Invention**

The present invention relates generally to substrate processing systems and methods of processing substrates. More specifically, the invention relates to modular vacuum processing systems methods of operation.

Background of the Related Art

In the fabrication of integrated circuits and other electronic devices, including flat panel displays, vacuum processing systems are conventionally used to deposit and remove various conductive, semiconductive and dielectric materials onto and from substrates. These systems typically include one or more front-end load lock chambers, at least one transfer chamber and one or more processing chambers. At least two types of processing systems are generally known. One type of system is referred to as a single substrate processing system where the chambers are configured to process one substrate at a time. The other type of system is known as a batch processing system. In a batch processing system, multiple substrates are introduced into a process chamber and processed together. One advantage of single substrate processing systems is their ability to provide more uniform processing compared to batch systems. However, single substrate processing systems require substrates to be transferred between multiple processing locations on a single system, thereby increasing the time required to process and remove substrates from the system.

One disadvantage with conventional substrate processing systems which typically operate at ultra high vacuum, e.g., about 10^{-8} Torr, is that they rely on staged vacuum to achieve ultra high vacuum processing conditions. Figure 1 is a plan view of one processing system used to advantage in semiconductor processing. In operation, a plurality of isolated vacuum regions are interconnected, and each vacuum region is separately pressure controlled, so that wafers may be moved from region to region while the pressure level between the regions through which the wafer is passing is equalized. In such a staged vacuum processing system, substrates are typically

introduced into one of two load locks 10, 12 at atmospheric pressure. The load lock is initially pumped down to an intermediate vacuum level substantially equivalent to that in a first transfer chamber 14 and individual wafers are transferred between the load lock and the first transfer chamber 14. The substrates can then be introduced into one or more pre-processing chambers 16, 18 such as an orienting chamber and/or a degas chamber. The substrates are then transitioned through one or more isolatable staging chambers 20, 22 where increasing high vacuum levels are achieved. Finally, the substrate enters a back end transfer chamber 24 maintained at ultra high vacuum where the substrates can be moved into desired processing chambers 26 that are also maintained at ultra high vacuum. Thus, in order to transition substrates from an intermediate pressure such as a roughing pressure of about 10^{-3} Torr to an ultra-high vacuum processing pressure (i.e. a pressure of $>10^{-7}$ Torr), the substrates are transitioned from atmosphere to a transfer chamber maintained at a first intermediate pressure, then through an isolation chamber and then into another transfer chamber maintained at the ultra-high vacuum. While such a system may minimize the volume required to be maintained in the ultra-high vacuum range, the substrates need to pass-through the isolation chambers requiring additional substrate transfer steps and operation of the staging chambers which may increase the time required to process substrates in the system.

Another problem with conventional processing systems is that these systems have typically been manufactured to perform a specified processing sequence. As a result, conventional systems have not traditionally been easily reconfigured as processing sequences change or new processes are developed. In the assembly of these systems, the facility, e.g., the process gases, the helium supply and return, the system exhaust, the electrical power, etc., were distributed from a central point in the fabrication facility to each chamber. As a result, systems have traditionally been assembled with the necessary plumbing connections running from each chamber to a point on the system where they could be connected to the fabrication facility. This has resulted in complicated plumbing lines being installed on the system which are difficult to remove and re-configure to accommodate different chambers at each position on the system.

For example, conventional processing systems have a centrally located gas box or mass flow controller (MFC) distribution panel. Specific MFCs used depend upon the specific process chambers and processes to be conducted in the processing system. Because the gas box is centrally located on the mainframe, the piping that connects a particular MFC to a particular chamber varies depending on where the MFC is located in the gas box and where the particular chamber connection point is located. As a result, numerous gas line configurations, MFC arrangements, and chamber configurations are created. Once the chamber is positioned on the system and its gas lines are attached, the movement of that chamber to a different position on the system requires the gas lines to be re-configured. During the manufacture process of several systems, a chamber located in the same mainframe position on a different system may have a different gas line configuration because the position of the MFCs and respective gas lines will depend on where the chamber is in relation to other chambers on the system and how many MFCs were installed in support of the previously installed chambers.

Figure 2 is a top down view of the facility and plumbing arrangement for a conventional processing system. As discussed above, MFCs for controlling the flow rate of gases supplied to the various processing chambers are arranged centrally on the mainframe depending upon the number and type of processing chambers to be mounted on the system. Therefore, the shape and length of the supply line attaching an MFC to its respective chamber will depend on mass flow controller position relative to other previously installed MFCs and to the chamber. Thus, gas supply lines from the MFCs will vary from system to system and from chamber to chamber, thereby requiring an almost infinite number of process supply lines to be manufactured to accommodate the variability with respect to mass flow controller and chamber attachment points.

A similar problem occurs with the distribution of control air or the pneumatic control system. Illustrated in the center of Figure 2, pressurized air is typically provided to centrally located air control valves on the mainframe. As with the mass flow controllers, the individual air control valves then send air signals out to the various chambers. As with the lines for the mass flow controllers, numerous variations

of flexible line connections are required to provide control air signals to the various pneumatically actuated components on each of the different chambers and positions.

Also illustrated in Figure 2 is the U shaped arrangement of the facility that are supplied into each chamber. The variability with which these lines are provided to the chamber further complicates the connection of the chambers to the various facility supply points located within the main frame. This variability of the connection points between the main frame and the chamber have led to increasingly complex plumbing arrangements, difficulty of service, and increased complexity in performing routine maintenance functions. In addition, the manufacture of systems with such complex and variable plumbing arrangements is difficult and time consuming.

Therefore, there is a need for a modular vacuum processing system which can be easily maintained and/or reconfigured as needed in the field and which has a high throughput of substrates in a given amount of time.

SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention generally provides processing systems and modular components thereof and methods of sequencing and processing substrates. In one aspect, an apparatus for processing substrates is provided which includes a transfer chamber, one or more load lock chambers connected to the transfer chamber, one or more process chambers connected to the transfer chamber, a modular plumbing tray disposed adjacent the transfer chamber and having facility connections for one or more of the process chambers and the load lock chambers, and a chamber tray disposed adjacent the one or more of the process chambers, load lock chambers and transfer chamber, the chamber tray having facility connections connected to one or more facility connections in the plumbing tray.

In another aspect, the invention provides a method of processing a substrate comprising introducing a substrate into a load lock chamber from atmospheric pressure, degassing and/or pre-heating the substrate in the load lock chamber while the load lock chamber is pumped to a vacuum level, introducing the substrate into a transfer chamber, and processing the substrate in one or more process chambers. In one aspect, a heating element is activated while the load lock chamber is pumped to a

vacuum level. The method may further include introducing the substrate into the load lock chamber, cooling the substrate in the load lock chamber, and then venting the load lock chamber to atmospheric pressure.

In another aspect, the invention provides an apparatus for distributing facility to devices on a processing system comprising an enclosure having at least one facility interface and one or more chamber interfaces and one or more of a process gas manifold, vacuum manifold, water manifold and a helium manifold disposed in the enclosure connected between the at least one facility interface and the one or more chamber interfaces.

In another aspect, the invention provides an apparatus for distributing facility comprising a support frame having one or more of an electronics box, a gas panel, a vacuum line and a controller device disposed thereon.

In another aspect, the invention provides a method of processing substrates comprising positioning a pair of substrates on two blades on separate robots in a processing system, moving the substrates in parallel to a pair of first process chambers, and then moving the substrates in parallel to a pair of second process chambers. In one aspect, the substrates are moved nearly simultaneously into the first and second pair of process chambers. Further, in one aspect, the robots are disposed in a common transfer volume.

In another aspect, a modular processing system is provided which includes a mainframe support, a transfer chamber module connected to the mainframe, one or more load lock chambers connected to the transfer chamber, one or more process chambers connected to the transfer chamber, a modular facility tray disposed adjacent the transfer chamber, and one or more chamber trays disposed adjacent one or more of the process chambers.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

Figure 3 is an isometric view of one configuration of an automated processing system 200 according to the present invention. Automated processing system 200 generally includes factory interface 205, mainframe 300, and auxiliary systems 400. Mainframe 300 generally includes a transfer chamber or transfer chamber 302, one or more single substrate load locks 314, 316, process chambers 322-326 (chamber position 321 is shown without a chamber mounted to the monolith), a main frame plumbing tray 350, and chamber trays 380. Process chambers can be mounted at any one of at least six process positions provided on the transfer chamber 302. While a configuration is shown with six process chamber positions, configurations having eight (8) or ten (10) processing chambers mounted on an extended transfer chamber 302 is also contemplated by the invention. Two single wafer load locks 314, 316 are mounted

on the front end of the transfer chamber 302 to transition substrates between atmospheric pressure from the factory interface 205 to a vacuum level within the transfer chamber 302. Mainframe 300 may support on-board vacuum pumps to provide roughing vacuum (typically in the range of about 10^{-3} Torr) to load locks 314, 316, transfer chamber 302 and process chambers 322-326. The vacuum pumps can be positioned below the mainframe in a sub fab or basement, or on the same level as the mainframe. Alternatively, an on-board vacuum pump 318 may be located on the mainframe at the point of use. Generally, a single vacuum pump is sufficient to provide roughing vacuum (e.g., a pressure of about 10^{-3} Torr) for the two single substrate load locks 314, 316, the transfer chamber 302 and six PVD type process chambers. Additional roughing pumps 318 may be added for processes which have high process gas flow rates or when it is desired to operate a chamber with a dedicated roughing pump. For example, in a processing system having two pre-clean chambers and four PVD chambers. For example, one roughing pump is coupled to and provides roughing vacuum to each of the four PVD chambers, the load locks 314, 316 and the transfer chamber 302 and the other pump is coupled to and provides roughing vacuum to each of the two pre-clean chambers.

A vacuum system 317 is coupled to transfer chamber 302 and includes roughing pumps 318 and cryo-pumps 320 which operate to provide and maintain high vacuum to ultra-high vacuum pressure (e.g., about 10^{-3} to about 10^{-7} Torr) in transfer volume 299. Process chambers 322-326 are coupled to transfer chamber 302 and are maintained in the high vacuum to ultra-high vacuum pressure range (e.g., about 10^{-3} to about 10^{-7} Torr) depending upon the process to be conducted within the chamber. Vacuum within the process chambers may be provided by a cryo-pump/roughing pump combination. The cryo-pump 320 can be attached to the chamber (as illustrated on chambers 324 and 325) and the roughing pump can be an on-board vacuum pump 318 attached to the mainframe 300. As with process chambers 322-326, single substrate load locks 314, 316 are also provided with a cryo-pump and roughing pump.

Lid 304 is movably disposed over the top of the monolith on a support frame. A lid lift mechanism 306 is provided to lift lid 304 from transfer chamber 302 to allow access to transfer volume 299. The lid is sealably connected on top of transfer chamber

302 in a closed position to form transfer volume 299. Lid 304 includes a plurality of view ports 312 disposed therethrough which provide visible access into transfer volume 299. A wafer sensing system 319 is located on top of lid 304. Wafer sensing system 319 includes hubs 308 and sensors 310. Sensors 310 are located above view ports 312 and detect the presence or absence of a substrate or other work piece on the blade of the transfer robots 311, 313 (shown in Figure 4) disposed within the transfer volume 299.

Factory interface 205 includes an atmospheric robot 206, atmospheric substrate orienter 216, and wafer storage positions 218 (four shown). Factory interface 205 and mainframe 300 are located within a wafer processing facility or clean room. In addition, factory interface 205 and mainframe 300 may be enclosed in a controlled, clean environment so that substrates exposed to the atmosphere between factory interface 205 and mainframe 300 are not contaminated. In either case, substrates 222 may be handled by atmospheric robot 206 between wafer storage positions 218, atmospheric orienter station 216, and single substrate load locks 314, 316 without risk of contamination. Atmospheric robot 206 is capable of moving between positions in front of storage positions 218, orienter 216 and load locks 314, 316. Atmospheric robot 206 includes movable blades 212 and 214. One exemplary robot 206 is available from Rorze, Automation Inc. of Milpitas, California under the product name RR701 series robot. Trackless robots (model number UTM 3000 and UTM 3500) such as those sold by MECS Corp. of Aichi, Japan could also be used to advantage in the system.

Auxiliary systems 400 include a system controller 410, an equipment rack 430 and a main AC box 440. System controller 410 includes a computer system and various electronics for controlling the operation of automated processing system 200. Equipment rack 430 supports power supplies, RF generators and other devices used in the processing of substrates within processing system 200. Main AC box 440 receives 200 volt, three phase, 400 amp electrical power from the wafer processing facility. The electricity is then conditioned, transformed (as needed) and distributed to each of the processing chambers, pumps, compressors, heat exchangers and other electrical loads included in processing system 200.

Vacuum pumps can be located on the mainframe, for example, between

chambers 322 and 323 and chambers 325 and 324. The placement of vacuum pumps on the mainframe is described in greater detail in commonly assigned, co-pending application _____.

Figure 4A is a top schematic view of processing system 200 which includes transfer chamber 302, factory interface 205, two single substrate load locks 314, 316 and six processing chambers 321-326 located at positions 1-6. The lid 304 has been removed to expose transfer volume 299 and the components within transfer volume 299. The transfer chamber 302 has an elongated hexagonal shape formed from a seamless, machined aluminum block. The elongated hexagonal shape provides at least six processing chamber positions and two load locks 314, 316. Alternatively, the transfer chamber could be formed from a support frame and skins sealably mounted over the support frame.

Transfer robots 311 and 313 and transfer lifts 305 and 307 are located within transfer volume 299 to enable substrates to be moved from the factory interface to each of the process chambers 321-326 as required by the process sequence performed by the tool. Transfer robots 311, 313 move substrates between load lock chambers 314, 316, the process chambers 321-326 and the lifts 305, 307. The lifts 305, 307 include support pedestals which are at least partially disposed in the transfer chamber. The lifts 305, 307 are preferably movable in at least a vertical direction, but may also rotate. The lifts 305, 307 are described in more detail below.

Disposed within transfer volume 299 and transfer chamber 302 are access ports 331 and slit valves 332 which provide access to and isolate, respectively, each of the load locks 314, 316 and processing chambers 321-326 from the transfer volume 299. The access ports 331 are formed in the walls of transfer chamber 302 adjacent each process position supporting process chambers 321-326 and the load locks 314, 316. Slit valves 332 are disposed through the floor of the transfer chamber 302 and provide isolation via sealing doors between transfer volume 299 and each of the process chambers 321-326 and load locks 314, 316. The transfer robots 311, 313 and lifts 305, 307 are provided for moving work pieces to and from the load locks 314, 316 and processing chambers 321-326. Each transfer robot 311, 313 is coupled to motors (not shown) which extend and retract the primary and auxiliary blades 301, 303 and 309,

315, respectively, and allow the robot to rotate. Primary blade 301 and an auxiliary blade 303 of transfer robot 311 transfer substrates between load locks 314, 316 and process chambers 321, 326 located in positions 1 and 6 and lifts 305, 307. Primary blade 309 and an auxiliary blade 315 of transfer robot 313 transfer substrates between lifts 305, 307 and process chambers 322-325 located in positions 2, 3, 4, and 5.

In operation, atmospheric robot 206 moves along slide position 208 to transfer substrates 222 from any of the wafer storage positions 218 onto either of the movable blades 214, 212. Once on movable blades 214, 212, substrates 222 are transferred to the orienter 216. However, substrates 222 may be transferred directly into either of the single substrate load locks 314, 316. After being oriented by atmospheric orienter 216, oriented wafers are transferred via atmospheric robot 206 into either of the single substrate load locks 314, 316. While an atmospheric robot with only a single blade may be used, a dual blade robot 206, as illustrated in Figure 3, is preferred. A dual blade robot can perform substrate exchanges or substrate swaps without requiring placement of a retrieved substrate prior to placement of another substrate into the position from which a first substrate is removed. In a substrate exchange, a substrate positioned in a single substrate load lock 314, for example, is unloaded with empty movable blade 212 and an oriented substrate 222 positioned on movable blade 214 positions the oriented wafer in the single substrate load lock 314. The oriented wafer placed in single substrate load lock 314 is then pre-heated and degassed as desired while the processed substrate is returned, via robot 206, to a cassette 220 at the appropriate storage position 218. In much the same way, where an oriented wafer is positioned on atmospheric orienter 216, robot 206 with an empty movable blade 214 can transport a non-oriented wafer to orienter 216 on movable blade 212, remove the oriented wafer with moveable blade 214 and then place the non-oriented wafer on blade 212 onto atmospheric orienter 216. Thereafter, if a processed wafer is waiting to be removed from single substrate load lock 316, for example, robot 206 with an oriented wafer on movable blade 214 and an empty movable blade 212 could then rotate and translate via slidable position 208 to a position adjacent to single substrate load lock 316. The processed wafer is then removed by movable blade 212 and the oriented wafer on moveable blade 214 is placed in single substrate load lock 316.

Robot 206 rotates and then translates via slidable position 208 to place the processed substrate into the desired cassette 220.

Figure 4B is a cross sectional schematic view of a lift 305, 307. The lift generally includes a support shaft 400 which extends at least partially through the transfer chamber 302 and supports a pedestal 402 on its upper end. Lift fingers 403 are mounted to the pedestal and support a substrate 222 thereon when moved into a substrate lift position. A lift assembly 404, such as a stepper motor or the like, is mounted below the transfer chamber and connected to the shaft 400 to move the shaft up and down within the transfer chamber. A rotational assembly 406 can also be connected to the shaft 400 to provide rotational movement to the pedestal 402 in the transfer chamber. A bellows 408 is connected between the shaft 400 and the transfer chamber 302 to provide necessary sealing between the shaft and the transfer chamber. A conventional lift is provided by Applied Materials, Inc. located in Santa Clara, California. Lifts 305, 307 are used as hand off points between transfer robots 311, 313. Additionally, lifts 305, 307 are used to maintain the desired orientation of a substrate 222 as the substrate moves through processing system 200.

One advantage of automated processing system 200 is that substrate orientation occurs outside of the processing volume 301. Substrates are oriented in the atmospheric orienter 216 and then orientation is maintained as the substrates move through the various processing positions on the processing system 200. Substrate orientation is maintained by lifts 305, 307 which rotate through a predetermined angle so that the substrate is presented in the same orientation to robot 313 as the substrate was oriented to robot 311. Thus, substrates 222 can be oriented in atmospheric orienter 216 prior to loading into transfer chamber 302 and lifts 305, 307 can maintain substrate orientation as substrates 222 move through the various processing positions 1-6. For example, one representative predetermined angle of rotation is about 101 degrees. Thus, a substrate loaded onto lift 307 from robot 311 with the substrate notch pointed towards robot 311 can be rotated clockwise through an angle of about 101 degrees so that the substrate notch points towards the center of robot 313. As a result, substrate orientation is maintained so that the same substrate orientation is presented to chambers located in positions 2-5. After processing in chambers located in positions 2-5 is

complete, substrates must be placed on either of the lifts 305, 307 in order to be handled by transfer robot 311 for placement into one of substrate load locks 314, 316, or process positions 1 and 2, according to the specific process sequence being conducted.

Figure 4C is a cross sectional view of one load lock 314. Load lock 316 is similarly arranged. Single substrate load locks 314, 316 are mounted between the factory interface 205 and the transfer chamber 302. Each single substrate load lock 314, 316 includes a heat source 450, such as a lamp array, for heating and degassing substrates to remove volatile contaminants before transferring the substrates into the processing internal volume 299 and thence to a processing chamber. Heat source 450 is separated from the load lock internal volume by quartz window 448. Additionally, a substrate support pedestal 454 provided within each of the single wafer load locks 314, 316 are water cooled via conduit 456 disposed within support 454 with a water cooling system 362 to assist in the substrate cool down function. A lift hoop 480 is provided within the single substrate load lock for accepting substrates from and placing substrates on robot blades 212, 214, 301, and 303. Lift hoop 480 is supported by support shaft 482 which is coupled to a suitable lift assembly 486. Lift assembly 486 between desired positions such as transfer position 487, raised or degas position 488 (shown in phantom), and a cool down position 490 (shown in phantom). It is to be appreciated that the substrate is supported by fingers 492 and can be positioned in the degas position 488 so that radiant heat source 450 can heat the substrate as the load lock is evacuated to the transfer pressure. During cooling, support hoop 480 moves to cool down position 490 such that the substrate is placed on and cooled by support pedestal 454. The internal volume of the single substrate load locks 314, 316 is minimized so that the time required to transition from atmospheric pressure to vacuum pressure is reduced. The minimized internal volume of the load locks 314, 316 in conjunction with the combined availability of a roughing pump 318 and cryo-pump 320 provides an ability to transition the load locks 314, 316 from atmosphere to a transfer pressure of greater than about 10^{-7} Torr in a matter of seconds. While such rapid pump timers are available, the actual pressure transition time is determined by the desired pre-heat and degas sequence. Completely processed substrates exiting transfer

chamber 302 are loaded into one of the load locks 314, 316 where the water cooled substrate support 454 within the load lock 314, 316 acts as a heat sink to assist in the substrate cool down process. The cool down process is effectuated by providing a vent gas which is typically an inert gas, such as, for example, argon or nitrogen, to the internal volume of the load lock as the load lock transitions from the high vacuum transfer pressure to atmospheric pressure. Each of the single substrate load locks 314, 316 can perform the pre-heat, degas and cool down functions for the substrates processed in automated processing system 200.

A gas supply system 460 which is in communication with the internal volume 454 of the single wafer load lock 314, 316. Gas supply system 460 includes isolation valves 461, 462, 463, meter valve 464 and a diffuser 466. Conduits 467 and 468 couple the various components with the internal volume of load lock 314, 316. In one embodiment, the gas supply system 452 is used to provide an inert gas for quickly venting without generating particles within the single substrate load lock. As used here, a metering valve 464 is adjusted to provide laminar flow of gas into the single substrate load lock and then after a given time, the gas supply system shifts over to another line which allows higher gas flow. It is believed that by providing metered laminar flow of gas to fill the single substrate load lock internal volume before switching to the higher flow rate, particle generation is minimized. Also in communication with the internal volume of single substrate load lock 314 is roughing pump 318 and cryo-pump 320 each of which is isolated from the internal volume of load lock 314, 316 by isolation valves 472 and 470, respectively. A roughing pump 318 is used to evacuate the internal volume of single substrate load lock 314 to roughing vacuum. Cryo-pump 320 is then used to further evacuate the internal volume of single substrate load lock 314 to provide high vacuum in a range of about 10^{-2} to about 10^{-7} torr in order to facilitate transfer of substrates from single substrate load lock 314 into internal transfer volume 299 which is also maintained at a suitable high vacuum.

In operation, substrates are loaded into a single substrate load lock 314 and placed on the pedestal lift hoop 480 for preheat/degas and for cool down. One representative operation of single substrate load lock 314 is to provide degas, preheat

and facilitate the transfer from atmosphere into the reduced operate vacuum of internal transfer volume 299. A substrate loaded into single substrate load lock 314 is heated by radiant energy generated by a lamp module 450 which is transferred through the quartz glass 448 onto the wafer. Additionally, gas supply system could be used to provide an inert gas to scavenge the load lock of desorbed gases. After the preheat and degas is complete, preheated and degassed substrate can be transferred into the transfer volume 299 once the single substrate load lock 314 is evacuated to the appropriate vacuum level. The cryo-pump 320 and roughing pump 318 would work in concert to provide rapid evacuation of the internal volume of single substrate load lock 314. Additionally, single substrate load lock 314 acts as a cool down chamber for post processing cool down of substrates processed in automated processing system 200. In this way substrates exiting the transferring volume 299 after processing are placed on the substrate support within the single substrate load lock 314. Cooling water is provided through the pedestal 454 to provide cooling. In addition, an inert gas is provided into single substrate load lock 314 to further facilitate the transition of single substrate load lock internal pressure from very high vacuum to atmosphere to further the transfer of the substrate from the single substrate load lock 314 into a storage cassette 220 on a storage position 218 in factory interface 205. This should be appreciated that by providing gas into the single substrate load lock 314, the single substrate load lock 314 can be maintained at a slightly high pressure so that contamination and moisture from the outside atmosphere near the factory interface does not enter into the single substrate load lock 314 thereby incurring moisture and defeating the ability of the single substrate load lock 314 to perform the preheat and degas functions. Additionally, the slight over pressurization of the single substrate load lock 314 reduces the possibility that particles or contaminants from outside the atmosphere in vicinity to the factory interface 205 are prevented from entering the internal volume of single substrate load lock 314.

It is to be appreciated that the cool down function performed in a processing system 200 according to the present invention is furthered by having the cool down function performed within the single substrate load lock 314 on a cooled platen vented from reduced pressure to atmosphere. Additional cooling occurs while the substrate is

handled by robot 206 for placement within the storage cassettes 220 on a storage position 218 on the factory interface 205. Thus, the cooling of the substrate occurs during the handling operation, further improving the cool down efficiency of the system.

The process gas supply system to the single substrate load locks serves a dual purpose. In a venting configuration, the gas supply provides a volume of gas into the internal volume of the single substrate load lock 314 by a metering valve 464. After a volume of gas is flowed into the chamber, then the full flow can be turned on providing more rapid pressurization and venting to achieve a rapid venting sequence of the single substrate load lock 314 and thereby further increase throughput. In an alternative embodiment, an MFC may be provided to allow more precise gas control. Thus, a degas recipe performed with this embodiment can be flowed completely by a mass flow controller according to a desired degas recipe.

Figure 5 illustrates an isometric view of the transfer chamber 302, the main frame plumbing tray 350 and two chambers 323, 325 connected to the transfer chamber 302 with a chamber tray 380 disposed below each of the chambers. Access ports 331 are provided in the transfer chamber 302 at the chamber positions and the load lock positions. Openings 550, 552 are provided to mount transfer robots 311, 313 (shown in Figure 4A). Openings 554 and 556 (not shown) are provided in the transfer chamber to mount the lifts 305, 307.

The plumbing tray 350 is disposed below the transfer chamber 302 and includes the plumbing to distribute each of the processing facility needed to support the transfer chamber 302, the load locks 314, 316 and the process chambers 321-326 connected to the transfer chamber. The plumbing tray 350 includes a plurality of chamber interfaces 500 disposed around the perimeter thereof. Chamber interfaces 500 are positioned adjacent to each of the chamber positions 1-6, the load lock positions and two centrally located transfer chamber positions. The chamber interfaces 500 provide connections for necessary facility to the chamber trays 380. The chamber trays 380 provide the necessary facility to their respective process chambers, load locks or transfer chamber from the chamber interface 500. The plumbing tray 350 includes an enclosure in which the plumbing lines are located. The plumbing lines are shown in more detail below in

figures where the enclosure is partially removed for clarity.

Figure 5 illustrates a connection for a process gas from a chamber interface 500 on the main frame plumbing tray into a MFC 1112 (shown in Figures 11A and B) on chamber trays 380 of process chambers 323, 325. The connection lines between the chamber interfaces 500 and the MFCs 1112 are similarly configured as a result of the modular design of the plumbing tray 350 and chamber tray 380. The plumbing connection from a point on the outlet side of the MFC to the processing volume of the chamber, is the same regardless of chamber position. Thus, by standardizing the MFC outlet relative to the processing chamber inlet, the same gas supply line can be used to connect the MFC outlet to the processing volume inlet. Other gas supply lines may be needed depending on chamber type. However, identical chamber types can use similar process lines. The use of similar components, such as gas lines in this example, simplify manufacturing and assembly of the system by enabling mass production of identical lines and testing of these components before they are installed on the system. Each of the chamber interfaces 500 and the chamber trays for specific chambers can be similar to enable easy re-configuration and/or maintenance, including replacement of components, of the system. In the embodiment shown, the chamber trays are mounted separately to the mainframe. In an alternative embodiment, the process chamber and the chamber tray could be mounted on a single support frame that is mounted to the mainframe and transfer chamber. The support frame could include adjustable feet or rollable support members to enable the support frame with the chamber and chamber tray to be rolled into position adjacent the system and connected thereto. Also, Figure 5 shows a vacuum line 515 extending between a vacuum connection on the chamber tray and a vacuum line on chamber 323. An identical line (not shown in this view) is provided on chamber 325.

Figures 6-7 are isometric views of the main frame illustrating the facility interface 510 (shown in Figures 6 and 9) and the chamber interfaces 500 (shown in Figures 6, 7 and 10) of the plumbing tray 350. The plumbing tray 350 is supported on the mainframe below the transfer chamber. The facility from the fabrication facility are connected to the plumbing tray 350 at the facility interface 510 and distributed within the plumbing tray to each of the chamber interfaces 500. Preferably, the facility

interface 510 is commonly located on each system to simplify installation within a fabrication facility. Additionally, each chamber interface 500 is preferably identical to simplify connection between the mainframe and the process chamber mounted thereto irrespective of the type of process chamber and the position of the mainframe. Each of the chamber interface connections are preferably identical so that irrespective of chamber position, chamber trays can be manufactured and mounted to the main frame with minimal plumbing required. The chamber trays can be configured to connect to a common chamber interface and distribute the facility to proper locations on a particular chamber for which the chamber tray is configured.

A containment housing 602 is disposed around the plumbing tray 350 and includes a containment floor. The containment floor is used to contain fluids within the plumbing tray which may leak due to piping failure, broken fittings or loose connections. Removable cover panels 604, 606 are provided to enable easy access into the plumbing tray. The containment floor can be formed from a drip pan having a circumferential lip formed around the perimeter of the containment floor.

Figure 8 is a top view of the mainframe plumbing tray 350 having the top cover removed. The facility interface 510 is located on one end of the plumbing tray and the various conduits located within the plumbing tray are distributed from the facility interface 205 (shown in Figure 4A). Each of the conduits within the plumbing tray are preferably disposed in vertically spaced envelopes. Within each of the envelopes, the various conduits are disposed in alternating U-shaped layouts to provide access to break points or connections in each of the conduits. Each conduit includes at least one break point or connection so that the conduits can be disassembled and removed for servicing, maintenance and/or replacement. Each conduit within the plumbing tray 350 includes an interface for each chamber position including the load locks, process chambers and the transfer chamber.

In the embodiment shown in Figure 8, the facility systems include a centrally located water supply manifold 370 and a systems exhaust manifold 372 in the lowest vertical envelope.

The water supply manifold 370 is shown having a connection for each chamber position and a supply connection for each of the load locks 314, 316. The system

exhaust manifold 372 includes an exhaust port for each one of the chambers, the load locks and the transfer chamber. Load locks 314, 316 share a common exhaust port which is disposed adjacent to the coupling.

Each chamber is provided with a vacuum port coupled to a roughing pump or cryo-pump for exhausting excess process gases and volatile process by-products. Outward of the water inlet supply and return in an adjacent vertical envelope is the system vacuum manifold 354. Outward of the system vacuum manifold 354 and in the adjacent vertical envelope is the liquid helium manifold having a liquid helium supply 364 and return 366. Outward of the liquid helium manifold and in the adjacent vertical envelope are the gas lines, such as nitrogen vent gas line 361, spare gas line 363, nitrogen process gas line 365 and argon process gas line 367. Break points or connections 369 are provided for each of these gas lines. Each system in the plumbing tray also includes the break points 369 that are preferably located at one end of the mainframe. The system connections preferably alternate from one end of the mainframe to the other in adjacent vertical levels to provide unobstructed access to the connections at each level.

Also shown in Figure 8 is a pneumatics distribution fitting 358 disposed on the back end of the mainframe. Control air is supplied from the fabrication facility to the distribution fitting 358 via the mainframe facility interface 510. Seven connection ports are provided by the pneumatics distribution fitting 358. Six of the ports (e.g., one port for each chamber interface) are coupled to each of the chamber interfaces for chamber pneumatic operation. The seventh port is coupled to additional pneumatic distribution manifolds for mainframe pneumatic component operation.. From the distribution fitting 358, control air is distributed via suitable tubing, such as flexible hoses or polyurethane lines, to pneumatic connections at each chamber interface (Figure 10) and from there to the chamber pneumatic control manifold. Each chamber pneumatic control manifold includes a plurality of air control valves for distributing pneumatic control air to the various pneumatically operated components of the associated processing chamber. After actuating the pneumatic component, the control air is exhausted from the pneumatic control manifold on the chamber tray to the air exhaust chamber interface (shown in Figure 10) and thence to the system exhaust

manifold 372. Two additional pneumatic distribution manifolds, similar in construction to the pneumatic distribution manifolds in the chamber trays, are provided for supplying control air to pneumatically actuated components on the transfer chamber and single substrate load locks. For example, one manifold could be provided for the actuation of each of the slit valves 332 and another could be provided that includes control valves for actuating other transfer chamber and single substrate load lock pneumatic components such as, for example, transfer chamber gate valves, external doors 333 on each of the load locks 314, 316, lifts 305, 307 and the wafer lift 460 inside each load lock 314, 316.

The facility lines in Figure 8 are arranged in a manner so that the water supply manifold 370 is on the bottom of the plumbing tray 350 and the pneumatic distribution box 358 is in front of the water supply manifold on the bottom of the tray. The lines include process gas lines in the uppermost array, helium supply and return in the middle and vacuum lines on the bottom. The vertical distribution of the facility lines in the plumbing tray 350 can be selected based on frequency of service or maintenance needed by a particular system. For example, the lines requiring more frequent service can be located on a higher level within the plumbing tray 350 to provide easy access to operators.

Figure 9 is a side view of a facility interface 510 of a mainframe plumbing tray 350. The facility interface 510 is disposed on the end of the system below the load lock chambers. The facility interface 510 may include a panel for mounting various connections. Alternatively, the facility interface can be positioned at any location on the system which can provide access to the factory facility connections. The facility interface provides a single location at which the factory facility are connected to the system. The layout of the facility connections on the facility interface reflects the tiered structure of the conduits disposed in the plumbing tray 350. The facility interface is disposed on the mainframe and connected to the plumbing tray 350 to provide a fixed configuration for the facility connections from the factory to the distributed positions on the system. The fabrication facility can be constructed with a common connection interface so that the system can be moved into the fabrication facility and connected to the facility interface without the need to run multiple lines or

conduits. The facility interface is preferably located in the same location on each tool to standardize the installation and maintenance of each system. The facility interface shown in Figure 9 includes a pair of pneumatic control and exhaust connections 902, 904, gas supply lines shown collectively at 906, cooling water supply connections 908, 910, helium supply and return 912, blowout air 914 and pneumatic control 916, de-ionized water supply 918, nitrogen purge 920, system vacuum 922, and system exhaust 924.

Facility interface 510 also includes the electrical and electronic interface between the process chambers and controller 410 and AC loadcenter 440. Facility interface 510 provides a common connection or interface point on the system for distribution thereafter to each of the chamber interfaces in furtherance of the modular aspects of the processing system. DC power connection 952 provides +15 v, -15 v and 24 v DC power to the chambers. Leak and smoke detection sensors within the mainframe are coupled to detector port 954. Emergency off or EMO signals are provided via EMO connections 950. Interlock signals are communicated via interlock connection ports 956 to the interlock PCB contained within the chamber tray electronics enclosure 382 (shown in Figures 11A, 11B).

Figure 10 is a side view of the mainframe plumbing tray 350 illustrating three chamber interfaces 500, including a centrally located transfer chamber interface. The facility connection via the chamber interfaces can be identical for each chamber position and the load locks and transfer chamber. For example, the process line connection point, the He connection point, and the vacuum connection point can be located in the same position at each chamber position to enable reconfiguration of a system or removal and replacement of chambers on the system. A chamber interface may include electronics connections 926 on the upper end of the interface; process gas connections 928 therebelow; helium supply 930 and return 932 and blowout air 934 and pneumatic control 936 therebelow; air exhaust 938, system vacuum 940 and de-ionized water connections 942 on the lower portion of the interface. Electronics connections 926 include EMO connection 970, DC power 972 and interlock PCB 974. It is to be appreciated that electronics connections 926 represent the intermediate connection point between the electronic and electrical connections in facility interface

510 and the appropriate electrical and electronic components located in chamber trays 380. For example, the interlock PCB located inside chamber tray electronics enclosure 382 is connected to chamber interface interlock connection 974.

Figures 11A and 11B are isometric views of a chamber tray 380. A chamber tray is connected at the chamber interface to the mainframe, typically below the process chamber with which it is associated. The chamber tray 380 includes a support frame 1100 on which the necessary facility control devices can be located. Adjustable legs 1101 are provided to properly position the chamber tray adjacent the mainframe. The chamber and the chamber tray can be mounted on a support frame supported on casters or other suitable rollable support members thereby further facilitating the modular aspects and interchangeability of each of the chambers with regard to their position on the main frame. The chamber tray includes connections to which each of the connections on the chamber interface can be connected. The chamber tray can be configured to connect to a common chamber interface and distribute the facility in a manner compatible with the particular process chamber. In the embodiment described herein, the chamber trays are identically configured to provide ease of manufacture, installation and maintenance.

The chamber tray 380 can include an electronics box 382 with chamber control cards (not shown) disposed therein, a device net hub 1102, chamber vacuum port 1104, chamber pneumatic distribution manifold 1106, individual pneumatic control valves 1108, a gas panel 1110 that includes mass flow controllers (MFC) 1112 and shut-off valves 1114. The electronics box 382 is positioned on the front of the chamber tray opposite the connection between the chamber tray and the mainframe. The MFC connections are located inwardly of the electronics. Two MFCs 1112 are shown, however, depending on process chamber type or processing operations conducted within the processing chamber, additional lines may also be plumbed and may include additional MFCs. Alternatively, the MFCs, the pneumatics and the electronics can be arranged in any configuration suitable for connection to the chambers positioned adjacent the chamber tray. Preferably, the electronics are positioned outwardly of the mainframe to protect the electronics from any potential fluid leaks on the mainframe. By including all the facility and control in a chamber tray, the connections between the

chamber and the chamber tray are standardized in the same way the connection points between the main frame plumbing tray and facility connections to the chamber tray are standardized. Through this standardization, a modular system having interchangeable chamber positions can be provided and reconfigured with little regard to the connections that are needed since the connection points at each position on the main frame are similar and the parts are interchangeable.

Figures 12-15 show each of the layered aspects of the process gas lines, helium supply and return, system exhaust manifold and water manifold. Figure 12 is a substantially top perspective view of the gas lines positioned in the upper portion of the plumbing tray. The gas lines are distributed in a U-shaped configuration with connections disposed at each chamber interface including the process chamber interfaces, the load lock interfaces and the transfer chamber interface. The gas lines include break points or disconnect points at a common location along their length. The break points are located to provide easy access for removal, replacement or maintenance.

Figure 13 is an isolated view of the liquid helium manifold having supply and return lines 364, 366 that is distribute helium for cooling the cryo-pumps on the system. Much like the other manifolds, the helium manifold is a U-shaped configuration with break points 1300, 1301 to allow ease of removal for maintenance and service. The break points may be conveniently located to prevent access interference between break points of adjacent lines.

Figure 14 is an isometric view of a vacuum manifold 354. The vacuum manifold is disposed in a U-shaped configuration with a break point 1400 (not shown) proximate the facility interface 510. The vacuum is distributed to each one of the chambers via conduits 1402 which include universal connections 1404 for each of the chambers regardless of chamber position.

Figure 15 shows the water manifold 370 and system exhaust manifold 372 disposed on the bottom in the center of the main frame plumbing tray. Preferably, the water manifold 370 is disposed in the lowest position in the plumbing tray to minimize the effects of a leak. One or more sensors can be located in the facility tray to detect moisture or volatile gases, if applicable. Flexible hose or conduits can be connected

between each of the connection points illustrated on the water manifold and the exhaust manifold to the connection points on each chamber interface and thence to each of the chambers. Water detection circuitry or leak detection circuitry can be laid along the bottom of the main frame to provide early warning of any problems with the water manifold.

Figure 16 is an isometric view of a plumbing tray 350 showing the layout of the process lines 406, the liquid helium supply 364 and return 366, the system exhaust manifold 372 and the water manifold 370. The relationship between each of the systems and the access therebetween is shown. Also shown is the uniform presentation of the connections to each of the chamber trays.

Figure 17 is a cross-sectional view of the main frame plumbing tray 350 illustrating the V-shape of the various plumbing lines that are provided in the main frame plumbing tray. The V-shape provides easy access and ease of removal of each of the lines. The V shape provides an empty center region within the main frame in which technicians can work. As detailed above, the process gases of a gas manifold 1701 are shown in the highest envelope. Liquid helium lines of a helium manifold 1702 are disposed in the next level down. The system vacuum manifold 354 and the water manifold 370 are located in the lowest envelope in the plumbing tray. The plumbing lines in the highest level are located radially outward from the center and converge in each envelope to a central location in the lowest envelope.

Other layouts or configurations are feasible such as a configuration where the system exhaust is on top and the helium supply and return are on the bottom, etc. However, the arrangement described with reference to the figures is believed to be advantageous because the lines that are serviced more frequently, *e.g.*, the process lines, are located on the top where access is convenient. The lines that cause the most problems and are most likely to leak and cause damage, such as the water manifold, are positioned on the bottom. In such a case, water manifold leaks are contained by the drip pan located in the bottom most part of the mainframe plumbing tray. Thus, fluids released by the leak are less likely to damage adjacent lines or components. Vacuum and helium are interchangeable, but the vacuum manifold is difficult to test and leak check so it has been positioned in the upper portion of the plumbing tray. The

streamlined arrangement or simplicity provided by this plumbing arrangement makes leak detection, maintenance and repair of each of these connections easier. For example, if a vacuum problem develops during operation of the system, a technician can easily access each vacuum line connection thereby simplifying isolation of the problem to a particular chamber position or fitting. The streamlined piping layout of the present invention provides increased accessibility to vacuum line connections, process line connections, and the liquid helium connections. In contrast, access to facility connection points in conventional processing systems is difficult and typically requires a great amount of disassembly of adjacent plumbing lines or structures to gain access to these connection points.

Figure 18 is a top view showing each of the chamber trays 380 positioned adjacent the mainframe plumbing tray 350. The connection of the vacuum line 1801 from the vacuum connection on the mainframe plumbing tray 350 to the vacuum drop on the chamber tray 380 is shown. Note that each vacuum connection line attached to each chamber interface is identical and that the vacuum connection port 1800 is positioned in the same position within each chamber tray so that each chamber is connected to a vacuum port in the same relative position. Chamber 6 illustrates a line connection for process gas being connected to two MFC modules 1112 inside the chamber 6 chamber tray. Also shown are the various air control valves within the pneumatic manifold. The chamber electronics contained within the chamber tray electronics box 382 are obscured by a cover positioned on the electronics portion of the chamber tray.

Also illustrated in Figure 18 is the mainframe pneumatic distribution block 358. From this central pneumatic distribution point, pneumatic supply is distributed to each of the chamber interfaces and thence to each chamber tray pneumatic distribution block with flexible polyurethane line (not shown). Control air is supplied from a central mainframe distribution point out to the chamber trays 380. The individual pneumatic control valves for the pneumatically controlled components are located in the pneumatic control blocks within each of the chamber trays. This distributed supply of pneumatic control simplifies troubleshooting and maintenance of the pneumatic system on each chamber since the individual pneumatic devices of each chamber are readily

identified at each chamber pneumatic block. Examples of pneumatically operated chamber equipment and devices include the heater lift, the wafer lift, the wafer shutter used to cover a wafer during titanium nitride processing, and MFC shut off valves. Additionally, a pneumatically actuated gate valve is typically provided to isolate the cryo-pump from the chamber processing volume during vacuum pump operation, and a pneumatically actuated vacuum isolation valve is provided that isolates the roughing pump from the chamber processing volume and the cryo-pump whenever roughing pump operation is not required.

Another advantage of the modular processing system of the present invention is overall simplicity in manufacturing the system. Assembly procedures for conventional processing systems usually involve serially assembling one set of components, testing those components and then assembling and testing the next set of components, and so on until all components have been assembled and tested. Integration of the individual components does not occur until each individual set of components has been assembled and tested, thereby increasing manufacturing time. In contrast, the modular design of a system according to the invention allows separate portions of the system to be assembled and tested in parallel. For example, the mainframe, transfer chamber, process chambers, mainframe plumbing tray and chamber trays may each be assembled and tested individually. After testing, integration of the separate modules is simple – the mainframe plumbing tray is inserted into the mainframe; the chamber trays are attached to the mainframe; the transfer chamber is attached to the mainframe and the individual process chamber are attached to the monolith. Finally, the connections are made between each chamber interface and its respective chamber tray and between each chamber tray and its respective chamber.

Figure 19 is a view of the modular DC power supply of the present invention. The DC power in a processing system according to the present invention is distributed to each of the chambers. Accordingly, the DC power supplies 1901 of each chamber board are sized to accommodate the various 24 volt, and positive and negative 15 volt DC loads of an individual chamber 321-326 (shown in Figure 4A). Accordingly, when a system is manufactured, it need only have sufficient DC power for main frame power loads and remote power loads as illustrated in the figure. The DC power for each

individual chamber load is individually supplied as those particular chambers are added on to the system. In this way, DC power is conserved and the cost of the system is reduced. Modularity of the processing system enables chambers to be added or moved to and from different positions with the DC power supply for that particular chamber being moved to a different position in the card cage for the modular DC power supply. The modular DC power supply is located on the system controller rack as illustrated in Figure 3 in phantom in remote systems 400.

Figure 20 illustrates a modular AC load center 2005 of the processing system. The modular AC load center 2005 includes breakers distribution conduits and other support circuitry for all mainframe and remote system electrical loads located within the main distributor panel 2010. These general AC loads are preferably located in one panel such as main distribution panel 2010. Main distribution panel 2010 includes non chamber specific electrical loads such as the cryo compressor, heat exchanger, lid lift, system vacuum and the equipment rack fans. The modular design of the processing system of the present invention continues on into the AC load center 2005 design where each individual chamber 321-326 is provided with its own set of circuit breakers, distribution conduits and other support circuitry for all chamber specific electrical loads. Individual chamber electrical distribution boxes 2012 are dedicated to each of the six chamber positions 321-326. Because all of circuit breakers, distribution conduits and other support circuitry for a chamber is contained in a single distribution box 2012, electrical power can be added to or removed from a particular chamber in a particular chamber position by simply adding or removing a distribution box 2012 from the corresponding chamber breaker box position on AC load center 2005. Examples of individual chamber electrical loads include: servo motor drivers, heater drivers, DC RF power supplies, turbo pump controllers, vacuum pumps (e.g., for a pre-clean chamber) and the cryo-pump regeneration heater.

This modular design approach of AC load center 2005 provides at least two advantages. One advantage is that only breaker boxes 2012 that are needed are installed. The modular chamber breaker box 2012 allows a processing system with only 3 chambers to be outfitted with three chamber breaker boxes 2012 – one each of the three chambers. The other three vacant or available chamber positions could be

blanked off for future use should additional chambers be added or existing chambers moved into one of the previously unoccupied positions. In this way, electrical distribution is provided as needed instead of providing chamber breaker boxes 2012 for all six chambers regardless of whether six chambers or three chambers are installed on the system.

Another advantage of the modular design of the AC load center is in the area of electrical safety. In conventional systems, electrical power to a specific chamber may be located in several different locations and requires access to both clean room and non-clean room spaces to cut-off electrical power. If any electrical load is not completely isolated, a technician servicing a chamber or other system component may be harmed. The modular design that includes chamber distribution boxes 2012 removes the necessity to cut off power in several locations by providing all chamber electrical isolation at one point. This modular AC power distribution permits localized lock out tag out (LOTO) on a per chamber basis or on a per remote component basis for module level and system level servicing and maintenance.

Figure 21 is a schematic view of a system controller 410, a representative processing chamber 2106 and chamber tray 380 which illustrates a conventional device net communication configuration. Unlike conventional systems where chamber control PCBs are centrally located, chamber control PCBs (2114, 2115, and 2120) on the inventive system are provided in the electronics enclosure 382 of each chamber tray 380. System controller 410 includes a single board computer 2102, mass storage device 2103 and device net scanners 2104 connected to and in communication with each other via a back plane 2105. Single board computer 2102 provides the processing power for operation of semiconductor processing system 200 and includes a processor, random access memory and other well known electronic circuitry. Mass storage device 2103 provides data storage capacity for single board computer 2102 and includes a hard drive and a floppy drive, or other storage capability. Device net scanner cards 2104 receive information from and provide information to the various device net components and hubs located throughout processing system 200. The device net scanner card 2104 receives the various device net signals from the chambers and other system components (otherwise known as device net nodes) and provides them to the

system controller 410. Next, using lookup tables, stored information, or other suitable interpretation methods, the system controller 410 translates and interprets the incoming data into suitable communications signals useable by the software and programs executed by the system controller 410. Figure 21 illustrates one such connection where a scanner card 2104 is connected via a cable 2117 to a trunk connection 2113 on device net hub 2111 located in a chamber tray 380.

Communication between system controller 410 and the components of processing system 200 will now be described with regard to a representative processing chamber 2106. Process conditions and operational status of processing chamber 2106 are monitored and controlled by a variety of devices which will be considered as one of three device types depending upon the information format the device provides.

The first type of devices are device net ready devices. Component 2109 represents a device net device in communication with chamber 2106. Device net ready device 2109 provides information to and receives information from system controller 410 in the device net protocol. As such, information provided to or received from device net ready device 2109 may be sent directly to the system controller 410 without further translation. Referring to Figure 21, device net ready component 2109 is connected to a node 2112 on device net hub 2111 via suitable electrical cable 2117. Within device net hub 2111, node 2112 is coupled to trunk connection 2113 and trunk connection 2113 is coupled to system controller 410 via a suitable cable 2117 connected to device net scanner card 2104. In an example where processing chamber 2106 is a representative physical vapor deposition chamber, examples of device net ready devices include an ion/convectron pressure gauge controller, heater pedestal lift motor driver and pneumatic distribution solenoid block.

The second type of device is an analog device. Component 2107 represents a device that produces an analog signal in response to conditions within chamber 2106. The analog signals produced by analog device 2107 are provided to analog input/output board 2115 located within electronic enclosure 382 in chamber tray 380. The analog signal produced by the analog device 2107 is then translated into the device net signal protocol. The output of analog input/output board 2115 (*i.e.*, a signal in the device net protocol) is coupled to a device net node 2112 on device net chamber hub 2111 via

suitable electronic cable 2117. Within device net hub 2111, node 2112 is coupled to trunk connection 2113 and trunk connection 2113 is coupled to system controller 410 via a cable 2117 connected to device net scanner 2104. Signals from system controller 410 to analog component 2107 follow the same electronic pathway except that analog input/output board 2115 operates to translate the device net signal from the system controller into an analog signal for use with component 2107. In an example where processing chamber 2106 is a representative physical vapor deposition chamber, analog devices include, for example, a baratron, a mass flow controller, and a RF match set-point controller.

The third type of device is a digital device. Component 2108 represents a device that produces a digital signal. The digital signals produced by digital device 2108 are provided to digital input/output board 2114 located within chamber electronics enclosure 382 in chamber tray 380. The digital signal produced by the digital device 2107 is then translated into a device net signal. The output of digital input/output board 2115 (*i.e.*, a signal in device net protocol) is coupled to a device net node 2112 on device net chamber hub 2111. Within device net hub 2111, node 2112 is coupled to trunk connection 2113 and trunk connection 2113 is coupled to system controller 410 via a cable 2117 connected to device net scanner card 2104. Signals from system controller 410 to digital component 2108 follow the same electronic pathway except that digital input/output board 2114 operates to translate the device net signal from the system controller into a digital signal for use with digital component 2108. In an example where processing chamber 2106 is a representative physical vapor deposition chamber, digital components include, for example, a slit valve open/close indicator; a heater lift position sensor; a water flow indicator; a gate valve open sensor and a chamber lid switch.

As described above, each chamber electronics enclosure 382 may include digital input/output boards 2114 and an analog input/output board 2115. Additionally, each chamber electronics enclosure 382 may include a chamber interlock board 2120. The chamber interlock board 2120 is used to provide hardware interlocks that stop certain functions on the system to prevent personnel injuries or severe equipment damage. For example, interlock circuitry is used to prevent the operation of high

voltage DC power when the chamber lid is open.

Figure 22 is an isometric view of a reduced vertical height cooling system 2200 of the invention. Illustrated is a conventional card cage 2202 having a plurality of printed circuit boards 2204 arranged within an electronics panel. Cooling fluid, such as air, is provided between and among the printed circuit boards through inlets 2206 located on the bottom of the card cage. Cooling fans 2208 are located adjacent the PCBs 2204 in the top of the card cage. The cooling fans have inlets adjacent to the face of the printed circuit boards. The fans include outlets 2210 which discharge air orthogonally to the inlets. As a result, a plurality of card cages can be stacked since the cooling fan outlets 2210 do not require additional vertical space to provide sufficient cooling. The discharge from outlet 2210 flows through vents 2214 in card cage 2202. A plurality of electronics housings may then be stacked closely together in a vertical plane or the vertical space between them can be reduced since cooling air does not circulate between the top portion of the housing, but is instead discharged through the sides.

Figure 23 is an isometric view of a modular equipment rack 2300 of the present invention. The modular equipment rack 2300 is configured to provide electrical power and cooling water, if needed, to the remote chamber components such as RF generators, target bias power supplies and heater drivers. As initially constructed, the modular equipment rack 2300 support trays or slot positions for up to 8, 4U size electrical components (i.e. 4U size components are about 7" high). These 8 slot positions are indicated as 2301-2308. Each of the individual slot positions 2301-2308 are provided with electrical contacts, circuit breakers and electrical conduits to support an electrical component. Such a modular design allows for system expansion by providing robust electrical connectivity and distribution design such that additional components are added easily to the existing electrical distribution frame work.

In a representative system 200, two modular equipment racks 2300 may be provided. One rack 2300 may be used to support, for example, the DC power supplies used for plasma operations in PVD chambers; the RF power supplies for plasma operation in a pre-clean or in same CVD (chemical vapor deposition) chambers and turbo pump controllers for chambers that employ turbo pumps such as, for example,

tungsten CVD, CVD titanium and CVD aluminum. Another modular equipment rack 2300 may be used to provide electrical connectivity and distribution, for example, to heater drivers for resistive heaters used to heat transfer chamber 302, and lamp drivers used to control power to lays modules in the single substrate loadlocks. The manufacturing and safety advantages described above with respect to modular AC load center 2005 (shown in Figure 20) are also found in modular equipment rack 23.

Figures 24 and 25 are isometric views of an alternative embodiment of a monolith 302 defining both a transfer volume 299 and two single wafer load locks 314, 316. The monolith 302 is formed from a single block of aluminum. One advantage of the integrated monolith is that sealing surfaces between the two single substrate load locks are eliminated thereby reducing the additional vacuum sealing requirements of mounting individual single substrate load lock onto the transfer chamber 302 as illustrated in Figure 2. In addition to having a unitary monolith, the transfer chamber and/or the load locks could be formed from a support frame having skins sealably mounted thereto.

Processing Sequences and Methods

Processing system 200 can be utilized to perform a variety of processing sequences. Figures 26 and 27 are schematic views illustrating two parallel processing sequences of the invention. In these parallel processing sequences, robots 311 and 313 operate in tandem to transfer a pair of substrates through the various processing positions so that in at least two of the processing steps, the pair of substrates are processed simultaneously or nearly simultaneously. In these processing sequences, the chambers in positions 3 and 4 are the same type of chamber, the chambers located in positions 1 and 2 are the same type of chamber, and the chambers located in positions 5 and 6 are the same type of chamber. For example, chambers 323 and 324 located in positions 3 and 4 could be pre-clean chambers. In a pre-clean chamber, a non-selective plasma etch process is performed to remove native oxides from the surface of and features formed on the wafer being processed. A variety of pre-clean processes may be utilized. The pre-clean process may employ a plasma formed from, for example, Argon, or, a mixture of helium and hydrogen, or an argon plasma followed by a

hydrogen reduction process. Chambers 321 and 322 located in positions 1 and 2 could be chambers suitable for depositing a seed or barrier layer. For example, chamber 321 and 322 could be physical vapor deposition (PVD) chambers that utilize an inductive coil in conjunction with a DC magnetron sputter deposition method to deposit suitable seed layers or barrier layers, such as tantalum and/or tantalum nitride, in order to improve the adhesion and conformity of the subsequent metal layer deposition. An example of this type of chamber is the Ionized Metal Plasma PVD chamber available from Applied Materials, Inc. of Santa Clara, California. Chambers 325 and 326 located in positions 5 and 6 could be chambers suitable for depositing a metal layer. For example, chamber 321 and 322 could be physical vapor deposition chambers that utilize DC magnetron sputter deposition methods to deposit a desired metal layer. Representative materials deposited during metallization include, for example, aluminum, tungsten, and copper. Two suitable deposition sequences include, for example: (1) a pre-clean process, followed by the deposition of a tantalum or tantalum nitride barrier layer or seed layer followed by the deposition of a copper layer, or (2) a pre-clean process, followed by the deposition of a titanium or titanium nitride barrier layer or seed layer, followed by the deposition of an aluminum layer. Other configurations and processing sequences could also be performed.

A representative parallel processing sequence will now be described with reference to Figure 26. Atmospheric robot 206 moves along slidable position 208 to a position adjacent to the storage cassette 220 which has the wafers to be processed. Using movable blades 212 and 214, wafers 1 and 2 are removed from the appropriate cassette 220 and placed on the blades 212 and 214, respectively. Atmospheric robot 206 then moves along slidable position 208 to a position adjacent to atmospheric orienter station 216. Wafer 1 is then loaded onto atmospheric orienter station 216 and oriented. Wafer 1 is then returned to blade 212 and wafer 2 is placed on wafer orienter 216. While wafer 2 is being oriented, atmospheric robot 206 moves along slidable position 208 to a position adjacent to single substrate load lock 316. Wafer 1 is loaded into single substrate load lock 316. Wafer 1 is then pre-heated and degassed as single substrate load lock 314 transitions from atmosphere to transfer vacuum. Atmospheric robot 206 then moves along slidable position 208 to transfer wafer 2 from atmospheric

orienter 216 to single substrate load lock 314. After loading wafer 2 into single substrate load lock 314, atmospheric robot 206 returns to cassette 220 and places wafers 3 and 4 on blades 212 and 214 respectively. Wafers 3 and 4 are then oriented and transferred into single substrate load locks 316 and 314, respectively, and are pre-heated and degassed as described above with regard to wafers 1 and 2.

Wafer 1 is transferred from single substrate load lock 316 onto primary blade 301 of robot 311 and placed on lift 307. Lift 307 rotates so that wafer 1 is accessible with the proper orientation to robot 313. Wafer 1 is then removed from lift 307 by either of the blades 309 or 315 on robot 313 and transferred into the pre-clean chamber 324 in position 4. Wafer 1 is then processed in chamber 324 according to a suitable pre-clean recipe. After placing wafer 1 on lift 307 robot 311 removes wafer 2 from single substrate load lock 314 and places wafer 2 on lift 305. Lift 305 then rotates to place wafer 2 in a consistent orientation with respect to robot 313. Robot 313, using either of the blades 309 or 315, then transfers wafer 2 from lift 305 into chamber 323 at position 3. Wafer 2 is then processed in chamber 323 according to a suitable pre-clean recipe.

Robot 311 then transfers wafer 3 from load lock 316 to lift 307 and wafer 4 from load lock 314 to lift 305. Wafer 3 is then rotated on lift 307 and placed on auxiliary blade 315 of robot 313. Once wafer 1 has completed the pre-clean process in chamber 324, robot 313 removes wafer 1 with primary blade 309, rotates and places wafer 3 into chamber 324 and then places wafer 1 on lift 305. The pre-clean process on wafer 3 begins. Robot 313 then removes wafer 4 from lift 305 with auxiliary blade 315 and, once wafer 2 has completed the pre-clean process in chamber 323, removes wafer 2 with primary blade 309, places wafer 4 in chamber 323 and places wafer 2 in chamber 322. At about the same time robot 311 has removed wafer 1 from lift 305 and places wafer 1 into chamber 321 at about the same time as wafer 2 is placed in chamber 322. Wafers 1 and 2 are processed in chambers 321 and 322 according to an appropriate seed layer recipe.

While the above transfers are being conducted, wafers 5 and 6 have been oriented and transferred into single substrate load locks 316 and 314, respectively. Wafers 5 and 6 are pre-heated, degassed and transferred via robot 311 onto lifts 307

and 305, respectively. When wafers 1 and 2 have completed processing in chambers 321 and 322, wafer 1 is transferred via robot 311 from the chamber 321 into chamber 326. At about the same time, wafer 2 is transferred via robot 313 from chamber 322 into chamber 325. Wafers 1 and 2 are then processed in chambers 326 and 325, respectively, simultaneously or nearly simultaneously according to a suitable metal deposition process.

After wafer 3 has been processed in chamber 324, robot 313 transfers wafer 3 from chamber 324 to lift 305 while transferring wafer 5 from lift 307 into chamber 324. Wafer 5 is then processed in chamber 324 according to a suitable pre-clean recipe. After wafer 4 has been processed in chamber 323, robot 313 transfers wafer 6 from lift 305 to chamber 323 and wafer 4 from chamber 323 into chamber 322. Wafer 6 is then processed according to a suitable pre-clean recipe. As robot 313 is placing wafer 4 in chamber 322, robot 313 removes wafer 3 from lift 305 and places wafer 3 in chamber 321. Wafers 3 and 4 are processed simultaneously or nearly simultaneously in chambers 321 and 322, respectively, according to a suitable seed or barrier layer process.

While the above transfers are being conducted, wafers 7 and 8 are oriented and transferred into single substrate load locks 316 and 314, respectively. Wafers 7 and 8 are then pre-heated and degassed. When wafer 2 completes processing in chamber 325, robot 313 removes wafer 2 from chamber 325 and places wafer 2 on lift 307. With auxiliary blade 303, robot 311 removes wafer 7 from single substrate load lock 316 and with primary blade 301 removes wafer 2 from lift 305. Robot 311 then places wafer 2 into single substrate load lock 314 and wafer 7 onto lift 305. Next, robot 311 transfers wafer 8 from the single substrate load lock 314 to lift 305 and transfers wafer 1 from chamber 326 to single substrate load lock 316. When wafers 2 and 1 are placed into a single substrate load locks 314 and 316, respectively, the wafers are cooled down via the temperature controlled substrate support located within the load locks while the load locks vent to atmosphere. Once the load locks have been vented, atmosphere robot 206 then transfers wafers 1 and 2 from the load locks 314 and 316 into a storage cassette 220.

While the above transfers are being conducted, wafers 3 and 4 have completed processing in chambers 322 and 321. As described above with regard to wafers 1 and 2, wafers 3 and 4 are transferred into chambers 325 and 326 and processed nearly simultaneously. Next, as described above with regard to wafers 1 and 2 and 3 and 4, wafer 7 is placed in chamber 324 and wafer 5 is placed on lift 305. Wafer 8 is placed in chamber 323 and wafer 6 is placed in chamber 322. Wafer 5 is placed in chamber 321 so that processing of wafers 5 and 6 occurs simultaneously or nearly simultaneously. Using the above described sequencing, pairs of wafers can be moved through a processing system 200 having three processing sequences (i.e., pre-clean, seed layer deposition and metal layer deposition) such that at least two of the processing sequences are conducted simultaneously or nearly simultaneously on a pair of wafers. One advantage of conducting simultaneously or nearly simultaneous processing is that equipment may be shared between the processing chambers thereby providing a cost savings. For example, chambers 321 and 322 when utilized according to the parallel processing sequence described above, may share common gas supplies, mass flow controllers and vacuum pumps.

The parallel process sequence described above is merely illustrative of numerous transfer pathways that may be implemented on a system of the invention. For example, wafers could be transferred into chambers 323 and 324 first and then followed by processing in chambers 325 and 326. Wafers would be processed in chambers 321 and 322 before exiting the system via single substrate load locks 314 and 316. Although the throughput of wafers through processing system 200 would be diminished, robot 313 and 311 could be of the type having only a single blade instead of the dual blade robots illustrated in Figure 4A. Processing chambers 321 through 326 could also be selected to perform specific metallization sequences. For example, in a copper deposition sequence, chambers 323 and 324 are pre-clean chambers, chambers 322 and 321 are chambers suitable for the deposition of a tantalum or tantalum nitride seed layer and chambers 325 and 326 are suitable for the deposition of a copper layer. In another example where processing system 200 is used for aluminum deposition, processing chambers 323 and 324 are again pre-clean chambers. Chambers 322 and

321 are suitable for the deposition of a titanium or titanium nitride seed layer. Chambers 325 and 326 are chambers suitable for the deposition of aluminum.

Another example of a process sequence is shown schematically in Figure 27. In Figure 27, a wafer 1, 3, 5, 7 etc. are moved from load lock 314, to lift 305, to chamber 323, to lift 307, to chamber 321, to chamber 326 and then to load lock 314. Wafers 2, 4, 6, 8 etc. are moved from load lock 316, to lift 307, to chamber 324, to chamber 322, to chamber 325, to lift 305, and then back to load lock 316. The distance the robot travels between consecutive moves is reduced in this sequence.

Automated processing system 200 can also be utilized to conduct processing operations in a dual serial mode. In a dual serial mode, chambers 323 and 324 are the same type of chamber, chambers 322 and 325 are the same type of chamber and chambers 321 and 326 are the same type of chamber. In a representative processing sequence, such as, for example, a metallization process sequence where substrates are pre-cleaned, then have a barrier layer deposited and then have a metal layer deposited, chambers 323 and 324 are pre-clean chambers; chambers 322 and 325 are chambers configured to deposit a suitable seed layer or barrier layer for the desired metal layer; and chambers 321 and 326 are chambers configured to deposit the desired metal layer. When the desired metal layer is, for example, copper, then chambers 322 and 325 are configured to deposit suitable barrier layer or seed layer of, for example, tantalum oxide or tantalum nitride.

In a dual serial process sequence, one representative movement sequence of a substrate through the system is from single substrate load lock 314 to chamber 323 via robot 311, lift 305 and robot 313; from chamber 323 to chamber 322 via robot 313; from chamber 322 to chamber 321 via robot 313, lift 305 and robot 311; from chamber 321 to single substrate load lock 314. Another representative movement sequence of a substrate through the system is from single substrate load lock 316 to chamber 324 via robot 311, lift 307 and robot 313; from chamber 324 to chamber 325 via robot 313; from chamber 325 to chamber 326 via robot 313, lift 307 and robot 311; from chamber 326 to single substrate load lock 316. Unlike the parallel processing sequence described above where a pair of substrates are processed nearly simultaneously,

substrates in a dual serial processing sequence proceed along two separate serial processing paths through which utilize and share the transfer volume 299.

The dual serial processing sequence will now be described with regard to a copper deposition sequence. For example, chambers 323 and 324 are pre-clean chambers such as the Reactive Pre-Clean II Chamber available from Applied Materials, Inc. of Santa Clara, California; chambers 322 and 325 are IMP PVD Chambers configured to deposit tantalum or tantalum nitride, also available from Applied Materials, Inc. of Santa Clara, California and chambers 321 and 326 are chambers configured to deposit copper such as the IMP VECTRA PVD Cu Chamber available from Applied Materials, Inc. of Santa Clara, California.

Figures 28-63 represent various representative processing stages of a processing system configured and operated in a manner to optimize substrate throughput. The processing system illustrated is similar to the embodiment shown in Figure 4A and reference can be made thereto. As illustrated in Figures 28-63, the processing system 200 includes five processing chambers 321-326; two load locks 314, 316 each of which are attached to a transfer chamber 302. Transfer chamber 302 includes transfer robots 311, 313 and lifts 305, 307. The processing system illustrated in Figures 28-63 can be configured for a liner barrier processing sequence, for example, in which chamber 324 is a chamber configured for titanium deposition, chambers 321 and 322 are chambers configured for substrate pre-clean operations and chambers 325 and 326 are chambers configured for titanium nitride deposition.

Substrates are loaded into either of the single substrate load locks 314, 316 by atmospheric robot 206 (shown in Figure 4A). The substrates are degassed according to an appropriate degas recipe while the single substrate load lock is evacuated to an appropriate transfer pressure. Next, the substrate is transferred by robot 311 into either pre-clean chamber 322, 321 where an appropriate pre-clean recipe is conducted. Next, the substrate is transferred into chamber 324 where a layer of titanium is deposited. Next, the substrate is transferred into either of chambers 325 or 326 where a layer of titanium nitride is deposited. Finally, the substrate is transferred into either of the single substrate load locks 314, 316 for cool down and subsequent transfer via atmospheric robot 206 into the desired storage cassette 220. Representative process

sequence times are, for example, about 30 seconds for a degas operation; about 45 seconds for a cleaning operation; about 25 seconds for a titanium deposition operation; about 45 seconds for a titanium nitride deposition operation and about 10 seconds for a cool down operation. Exact process times for each of the above operations may vary depending on the application. It is to be appreciated that the number and type of process chambers provided on a processing system 200 are selected based on throughput and transfer considerations as well as process operation times for each of the respective chambers.

Referring to Figures 28-52, the illustrative process stages 1-25 can be better appreciated. Each of the process stages 1-25 represents the above-mentioned transfer sequence for a series of wafers numbered 1 through 12 in the figures. The process stages 1 through 18 are referred to as transient process stages and represent a process sequence used to initially fill the system with substrates. A full system refers to a process stage in which each process chamber 321-326 contains a substrate, each transfer robot 311, 313 has a substrate positioned on a blade and a substrate is positioned on either of lifts 305, 307. Once a system is full, the steady state process stages (e.g., the six process states 19 through 24 of Figure 28) are repeated as substrates continuously cycle through the system according to the above described process sequence. It is to be appreciated that a processing system 200 is configurable to provide numerous other processing sequences and chamber configurations.

Process stage 25, like process stage 19, is the first of another set of six steady state process stages illustrated in process states 19-24. System operation during steady state processing stages provides the additional advantage of conducting wafer swaps as wafers are sequenced through the processing system. Wafer swap refers to a wafer movement sequence performed by a two bladed robot where the robot (e.g., transfer robot 311, 313 or atmospheric robot 206) carrying one substrate (i.e., the robot has an empty blade) picks up a substrate with its empty blade and then places the substrate it was carrying into the position from which the substrate was just removed. For example, a substrate swap occurs between process stages 9 and 10 and represents the movement of wafer 1 from a blade on transfer robot 313 to lift 305 and the movement of wafer 5 from lift 305 to the other blade of transfer robot 313. To continue the

illustration with wafer 5, robot 313 conducts another wafer swap between process stages 10 and 11 where wafer 3 is removed from chamber 322 with the empty blade of robot 313 (i.e., the robot blade not containing wafer 5) and wafer 5 is subsequently placed into chamber 322.

Process stage 1 (Figure 28) illustrates the positioning of wafers 1 and 2 into load locks 314, 316, respectively. Wafers 1 and 2 are degassed according to the desired degas recipe as the load locks 314, 316 are pumped down to a suitable transfer pressure. Process stage 2 (Figure 29) illustrates the transfer of wafer 1 from load lock 314 onto lift 305. Load lock 314 is vented to atmosphere, wafer 3 is then loaded, and degassed as load lock 314 is again evacuated to transfer pressure. Process stage 3 (Figure 30) illustrates the transfer of wafers 1 and 2 into chambers 322 and 321, respectively, where wafers 1 and 2 are processed according to the desired cleaning recipe. Load lock 316 is vented to atmosphere. Wafer 4 is loaded and degassed as load lock 316 is pumped down to transfer pressure. Process stage 4 (Figure 31) illustrates the movement of wafer 3 from load lock 314 onto lift 305, and the venting of load lock 314, loading, and degassing of substrate 5 while load lock 314 is pumped to transfer pressure. Process stage 5 (Figure 32) illustrates the movement of wafer 3 onto a blade of transfer robot 313 and the movement of wafer 4 onto a blade of transfer robot 311. Process stage 5 also illustrates loading substrate 6 into load lock 316 for subsequent degas and evacuation to transfer pressure.

Process stage 6 (Figure 33) illustrates simultaneous wafer swaps conducted by robots 313 and 311. Robot 313 swaps wafer 1 with wafer 3 while robot 311 swaps wafer 2 with wafer 4. Wafers 3 and 4 are now cleaned according to the desired cleaning recipe conducted in chambers 321, 322. Process stage 7 (Figure 34) illustrates the movement of wafer 1 into chamber 324 where the desired titanium deposition process is conducted. Also shown is the movement of wafer 2 from a blade on robot 311 to a position on lift 307. Process stage 8 (Figure 35) illustrates the movement of wafer 2 onto a blade of robot 313 and a movement of wafer 5 from load lock 314 onto lift 305. Also shown is the movement of wafer 7 into load lock 314. It is to be appreciated that as wafers are loaded into either of the load locks 314 or 316, the wafers are degassed according to the desired degas recipe and the associated load lock

is evacuated to an appropriate transfer pressure to facilitate the movement of the wafer from the single substrate load lock onto a blade of transfer robot 311. After the wafer is transferred from the load lock onto a blade of transfer robot 311, the load lock is vented to atmospheric pressure in order to receive another wafer from atmospheric robot 206. In addition, later process states such as, for example, process state 20 and process state 22, the load locks 314 and 316 not only vent to atmosphere but are also used to conduct a wafer cool down operation as the wafer exits the transfer chamber 302 (e.g., wafer 1 is being cooled down at process state 20 and wafer 2 is being cooled down during process state 22.)

At process stage 9 (Figure 36), robot 313 conducts a wafer swap between wafers 1 and 2. Wafer 6 is transferred onto a blade of robot 313 and wafer 8 is loaded into load lock 316. At process stage 10 (Figure 37), robot 313 conducts a swap with wafers 1 and 5. At process stage 11 (Figure 38) robots 313 and 311 conduct simultaneous swaps. Robot 313 swaps wafers 5 and 3, while robot 311 swaps wafers 4 and 6. At process stage 12 (Figure 39), robot 313 swaps wafers 2 and 3 while robot 311 swaps wafers 1 and 4. At process stage 13 (Figure 40), robots 311 and 313 simultaneously load wafers 1 and 2 into chambers 325 and 326. Wafers 1 and 2 are then processed according to the desired titanium nitride deposition process. At process stage 14 (Figure 41), wafer 4 is moved onto a blade of robot 313 and wafer 7 is moved to lift 307. Additionally, wafer 9 is loaded into load lock 314. Process stage 15 (Figure 42) illustrates the wafer swap conducted by robot 313 for wafers 3 and 4. Process stage 16 (Figure 43) illustrates the wafer swap conducted by robot 313 between wafers 3 and 7; the movement of wafer 8 onto a blade of robot 311; and the loading of wafer 10 into load lock 316. Process stage 17 (Figure 43) illustrates the simultaneous swap conducted by robots 313 and 311 between wafers 5 and 7 and between wafers 6 and 8, respectively. Process stage 18 (Figure 45) illustrates the simultaneous wafer swaps conducted by robot 313 between wafers 4 and 5, and by robot 311 between wafers 3 and 6. Process stage 19 (Figure 46) illustrates the simultaneous wafer swap conducted by robots 313 and 311 between wafers 2 and 4 and between wafers 1 and 3, respectively. Process stage 20 (Figure 47) illustrates a wafer swap conducted by robot 311 between wafers 1 and 9. Load lock 314 at process stage 20 acts as a cool down

chamber for wafer 1. This refers to the movement of wafer 1 onto the water cooled pedestal located within load lock 314. Process stage 20 also illustrates the wafer swap conducted by robot 313 between wafers 2 and 6.

At process stage 21 (Figure 48), wafer 1 has been completely processed and unloaded from load lock 314 by atmospheric robot 206. After unloading wafer 1, atmospheric robot 206 conducts a wafer swap that places wafer 11 into load lock 314. Additionally, robots 313 and 311 conduct wafer swaps between wafers 5 and 6 and between wafers 2 and 9, respectively. At process stage 22 (Figure 49), robot 311 conducts a wafer swap between wafers 2 and 10. Wafer 2 is now cooled down in load lock 316. Robot 313 conducts a wafer swap between wafers 9 and 5. At process stage 23 (Figure 50), atmospheric robot 206 swaps processed wafer 2 with incoming wafer 12. At the same time, robots 313 and 311 conduct wafer swaps between wafers 7 and 9 and between wafers 8 and 10, respectively. At process stage 24 (Figure 51), robots 313 and 311 conduct wafer swaps between wafers 6 and 7 and between wafers 5 and 8, respectively. Process stage 25 (Figure 52) illustrates the simultaneous wafer swaps conducted by robots 313 and 311 between wafers positioned on the robots and the wafers positioned in chambers 325 and 326. It is to be appreciated that this simultaneous wafer swap is similar to the wafer swap described with respect to process state 19 and represents the next series of steady state process states which are repeated as wafers systematically cycle through the processing system according to the above described process sequences. Thus, the wafer transfer sequences illustrated by process states 19 to 24 represent the steady-state processing sequences executed by the processing system 200 as configured and described in Figure 28.

While foregoing is directed to the preferred embodiment of the present invention, other and further embodiments of the invention may be devised without departing from the basic scope thereof, and the scope thereof is determined by the claims that follow.

4 Brief Description of Drawings

So that the manner in which the above recited features, advantages and objects of the present invention are attained and can be understood in detail, a more particular description of the invention, briefly summarized above, may be had by reference to the embodiments thereof which are illustrated in the appended drawings.

It is to be noted, however, that the appended drawings illustrate only typical embodiments of this invention and are therefore not to be considered limiting of its scope, for the invention may admit to other equally effective embodiments.

Figure 1 is a top plan view of a conventional processing system.

Figure 2 is a schematic view of facility lines in a conventional processing system.

Figure 3 is an isometric view of one embodiment of a processing system of the invention.

Figure 4A is a top plan view of one embodiment of a processing system of the invention.

Figure 4B is a schematic cross sectional view of a lift of the invention.

Figure 4C is a schematic cross sectional view of a load lock of the invention.

Figure 5 is a simplified isometric view of one embodiment of a processing system of the invention.

Figures 6 and 7 are isometric views of one embodiment of a mainframe plumbing tray of the invention.

Figure 8 is a top plan view of one embodiment of a mainframe plumbing tray of the invention.

Figure 9 is a side view of a facility interface of a mainframe plumbing tray of the invention.

Figure 10 is a side view of three chamber interfaces of a mainframe plumbing tray of the invention.

Figures 11A and 11B are isometric views of one embodiment of a chamber tray of the invention.

Figure 12 is an isometric view of a gas line manifold disposed in a plumbing tray.

Figure 13 is an isometric view of a helium (inert fluid) manifold disposed in a plumbing tray.

Figure 14 is an isometric view of a system vacuum manifold disposed in a plumbing tray.

Figure 15 is an isometric view of a water supply and return manifold disposed in a plumbing tray.

Figure 16 is an isometric view of a mainframe plumbing tray illustrating the relationship of each of the facility.

Figure 17 is a cross sectional view of a mainframe plumbing tray illustrating the relationship of each of the facility.

Figure 18 is a top plan view of a mainframe plumbing tray connected to six chamber trays.

Figure 19 is a front view of a modular DC power supply.

Figure 20 is a front view of a modular AC load center.

Figure 21 is a schematic view of a system controller.

Figure 22 is an isometric view of an electronics rack and cooling system.

Figure 23 is a schematic view of a modular equipment rack.

Figures 24 and 25 are isometric views of an alternative embodiment of a monolith of the invention.

Figures 26 and 27 are schematic views of a system showing a process sequence.

Figures 28-52 are schematic views of a processing system showing processing stages.

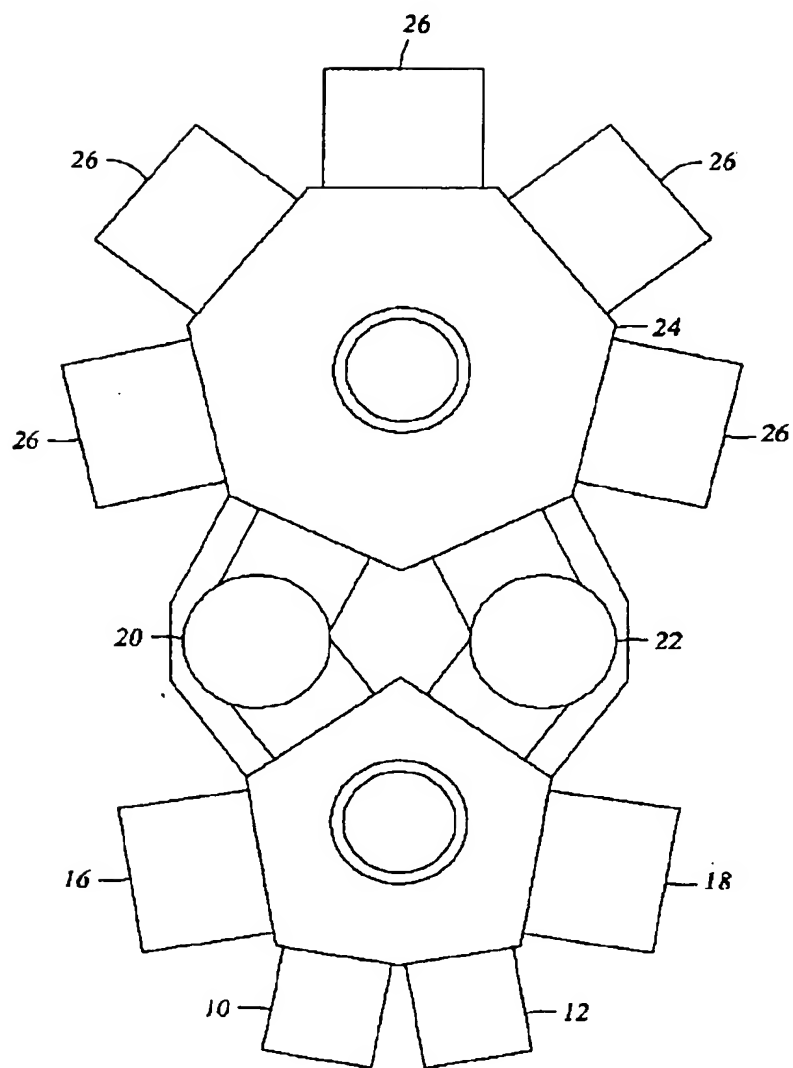


Fig. 1
(PRIOR ART)

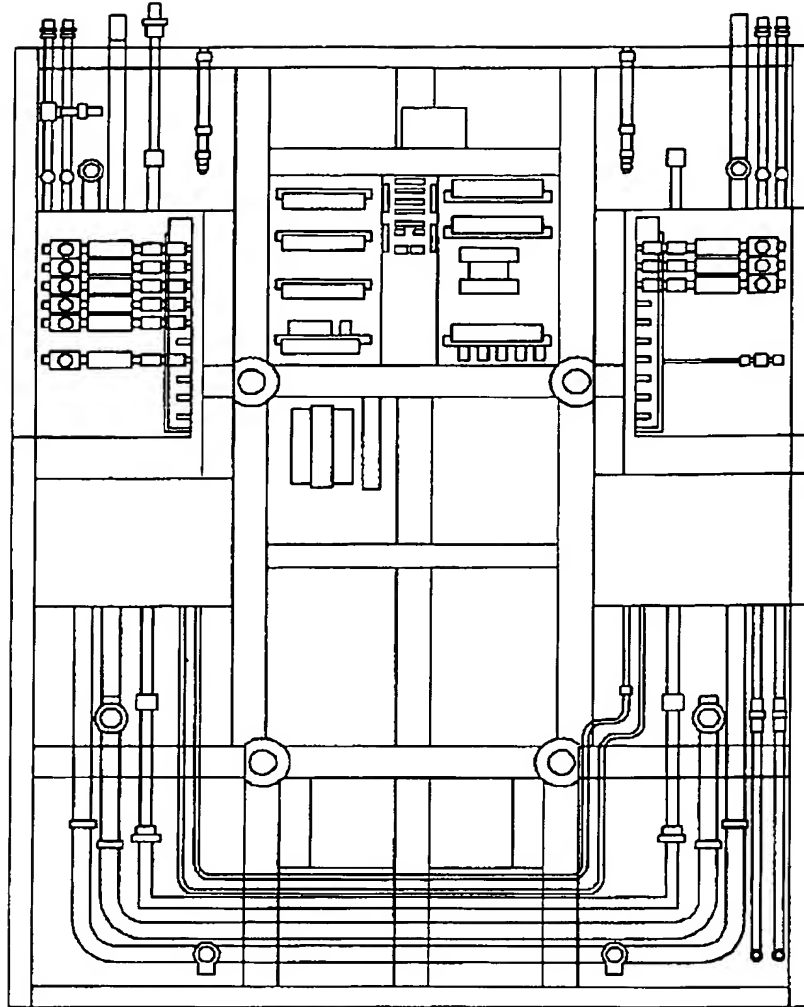
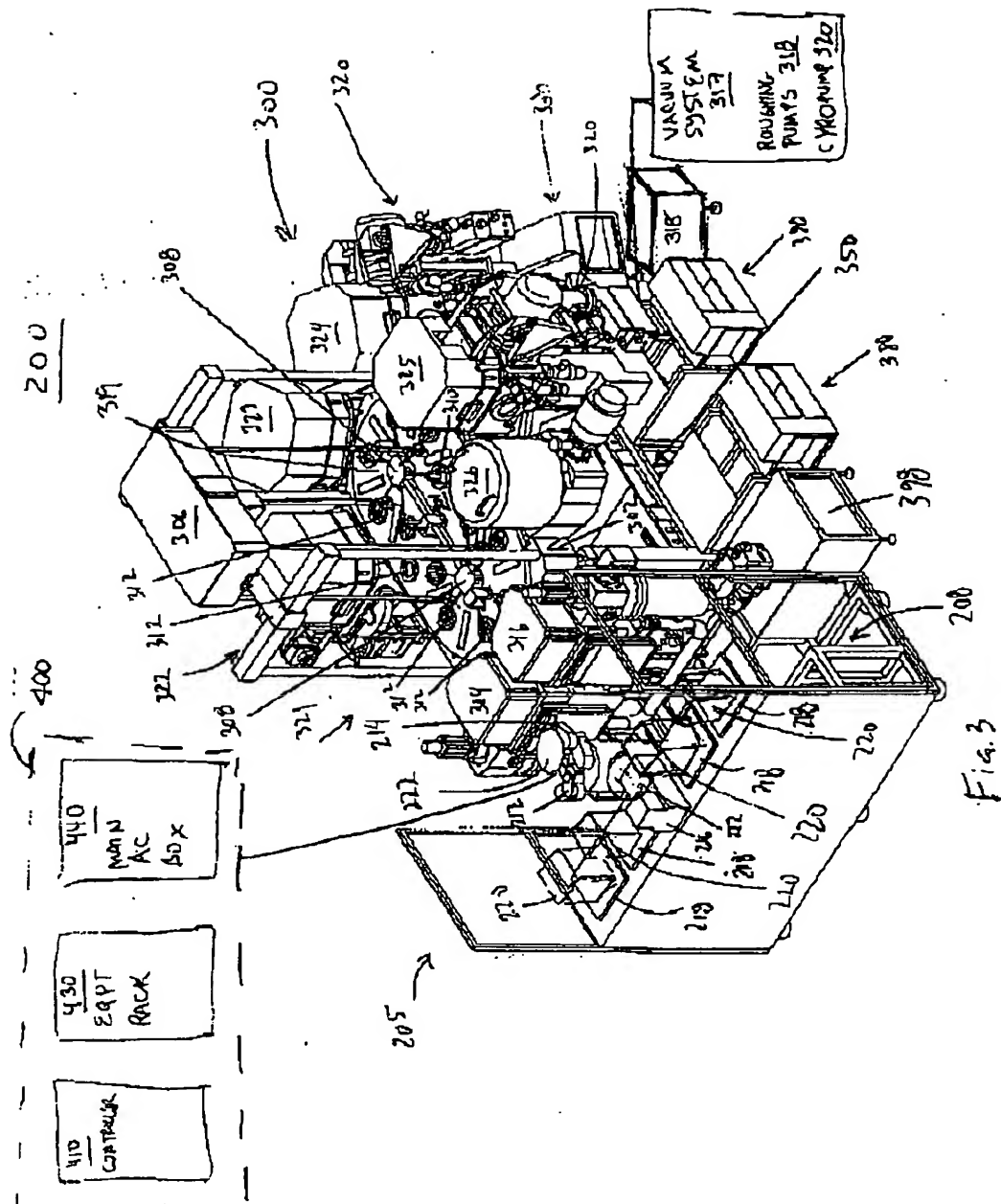


Fig. 2
(PRIOR ART)



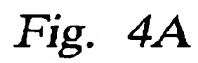
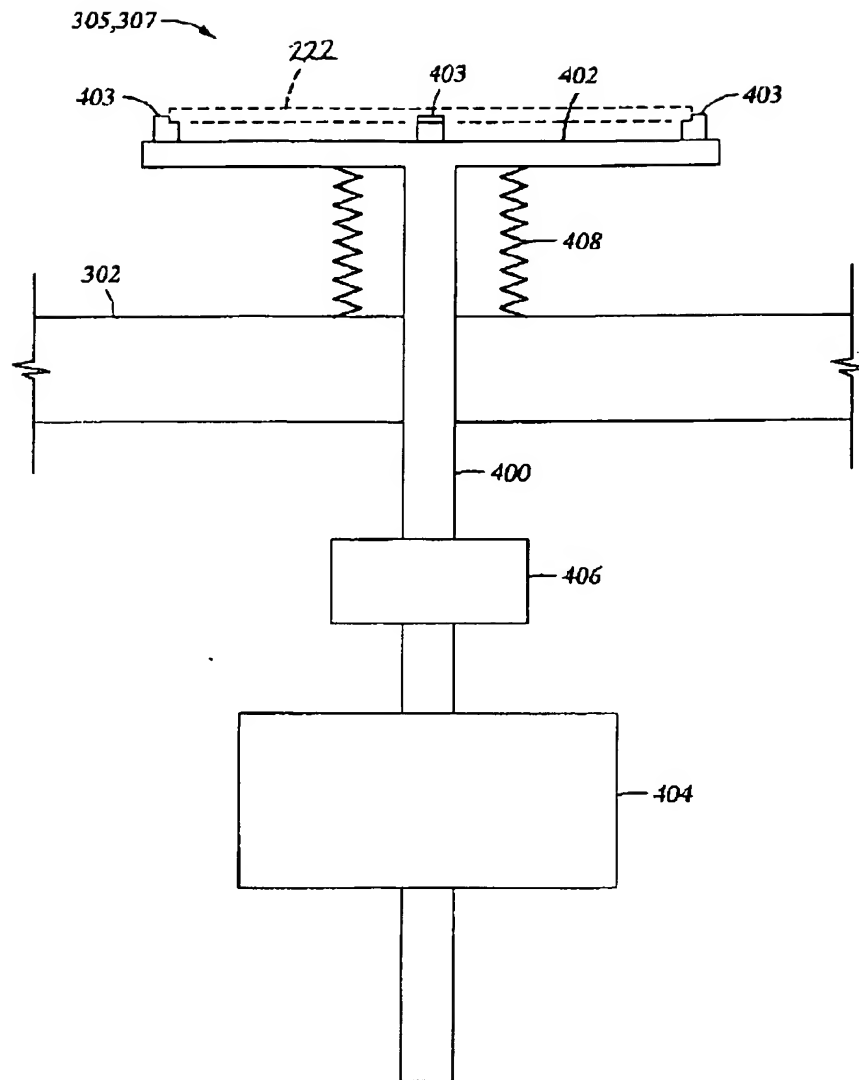


Fig. 4A

*Fig. 4B*

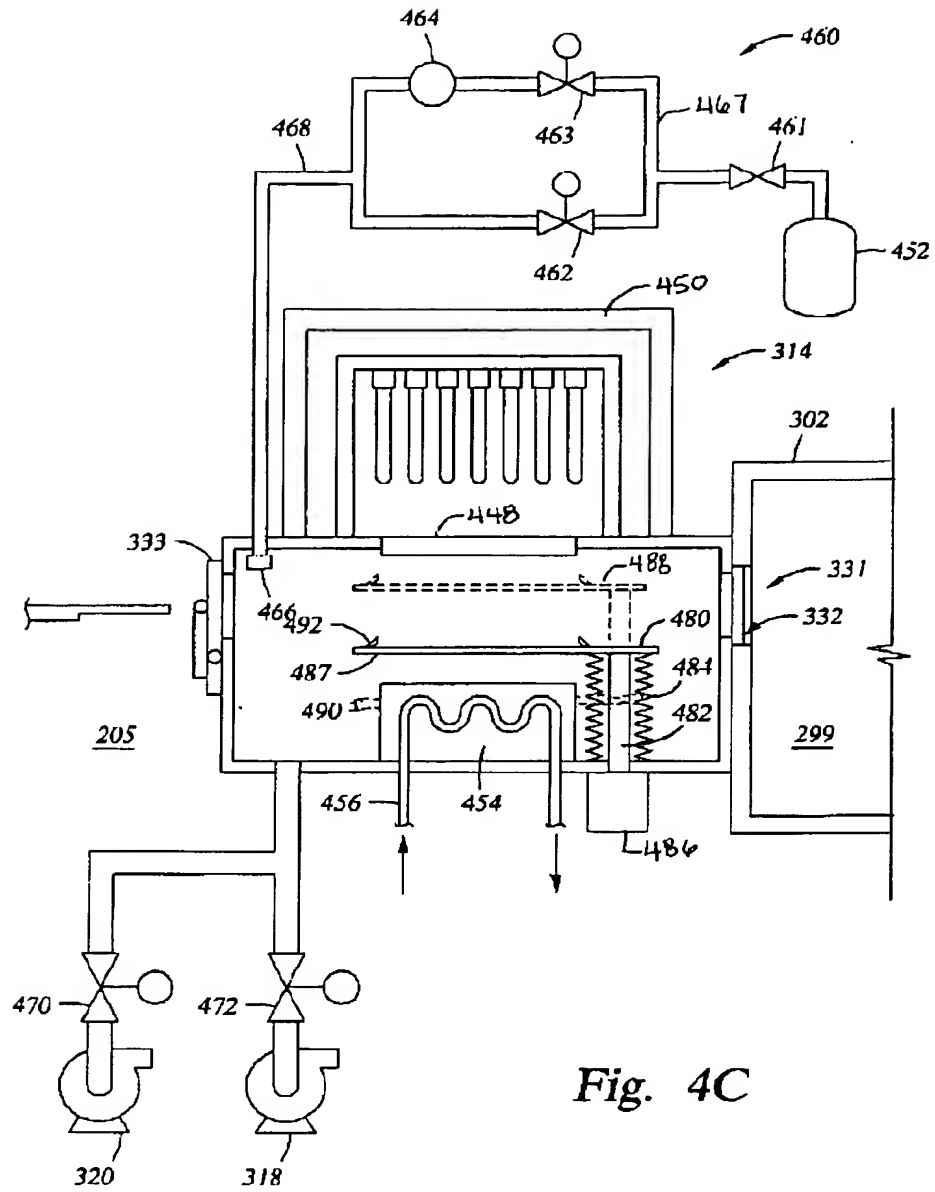


Fig. 4C

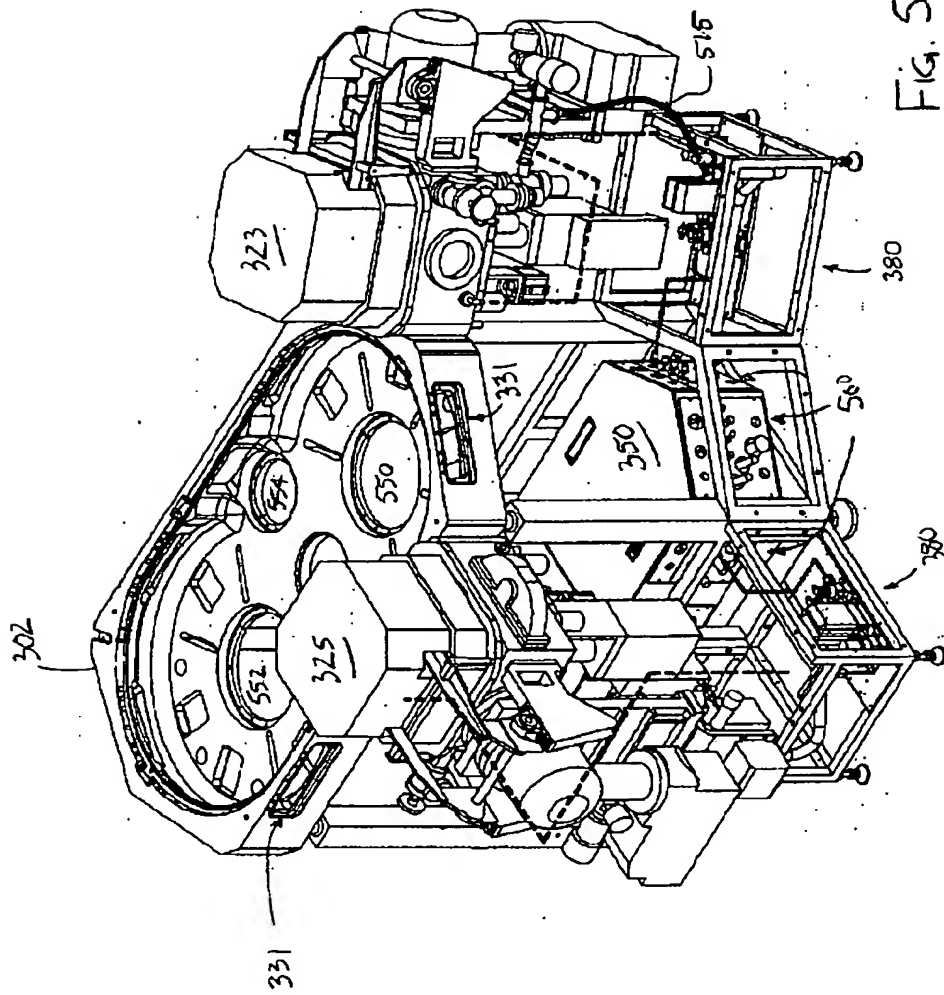


FIG. 5

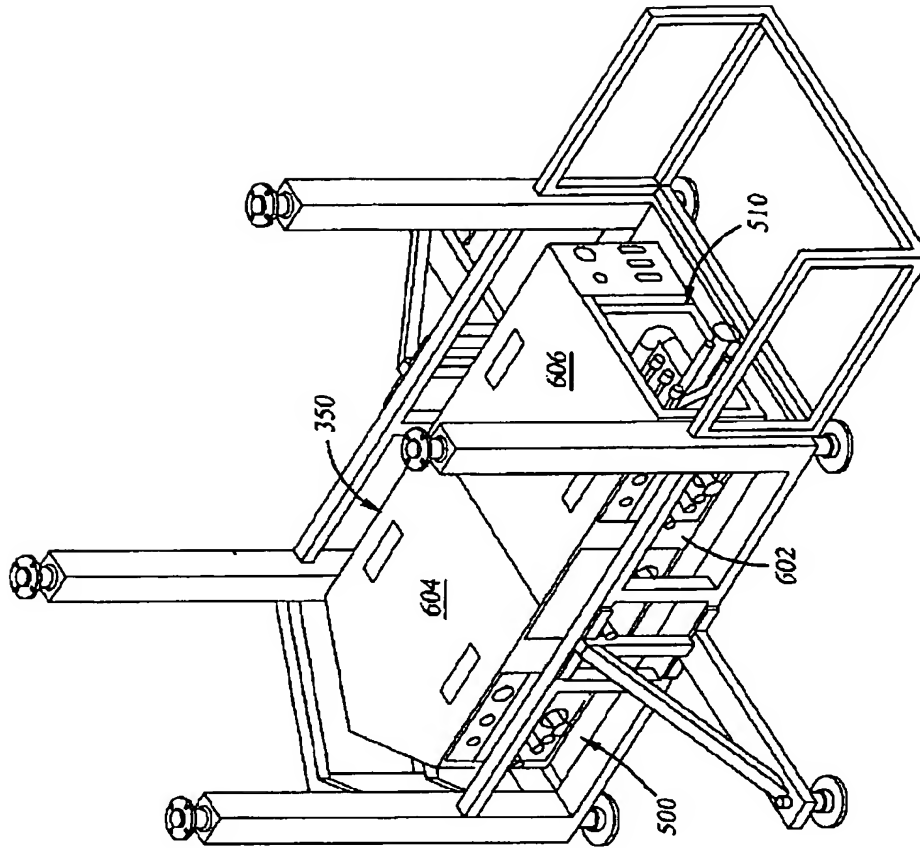


Fig. 6

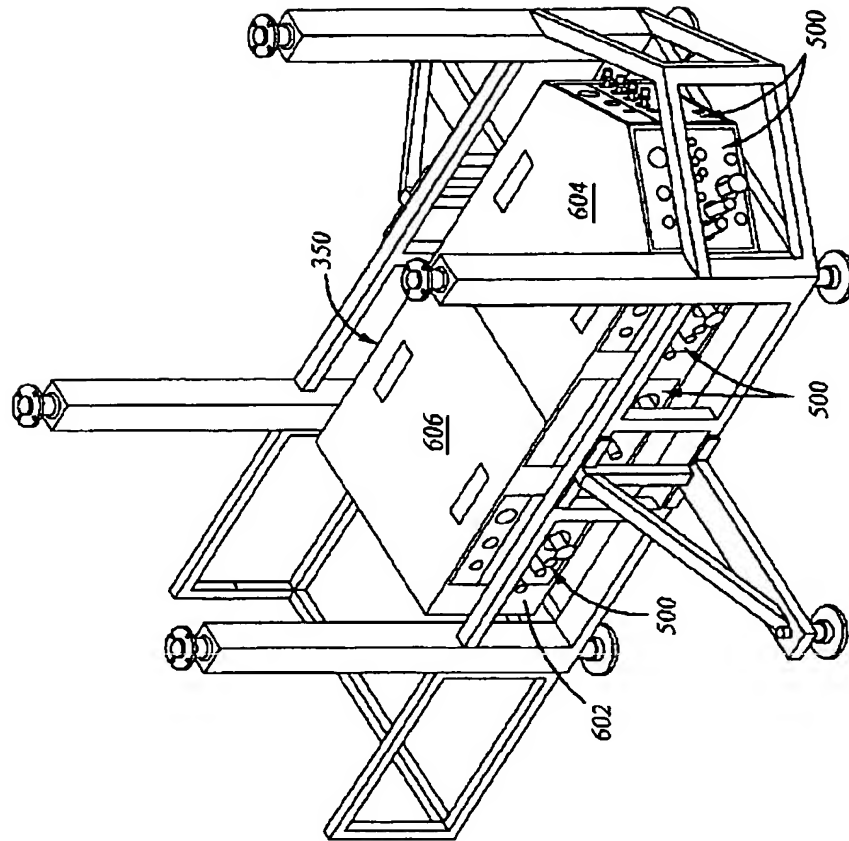


Fig. 7



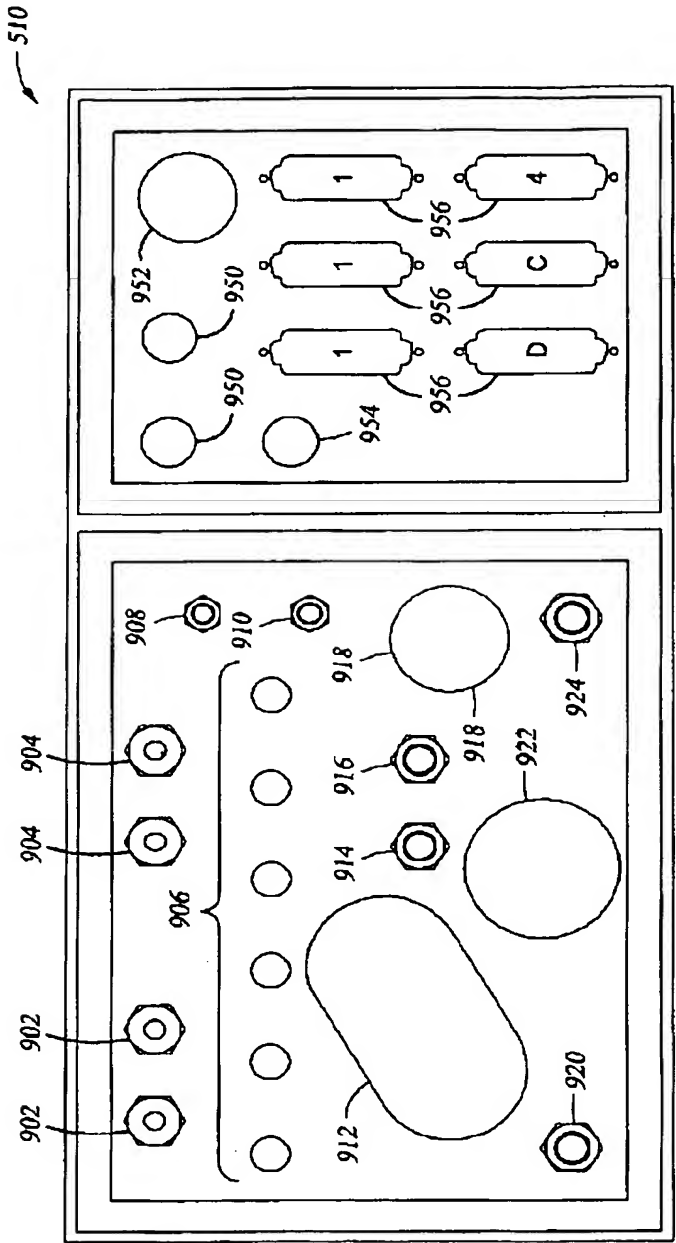


Fig. 9

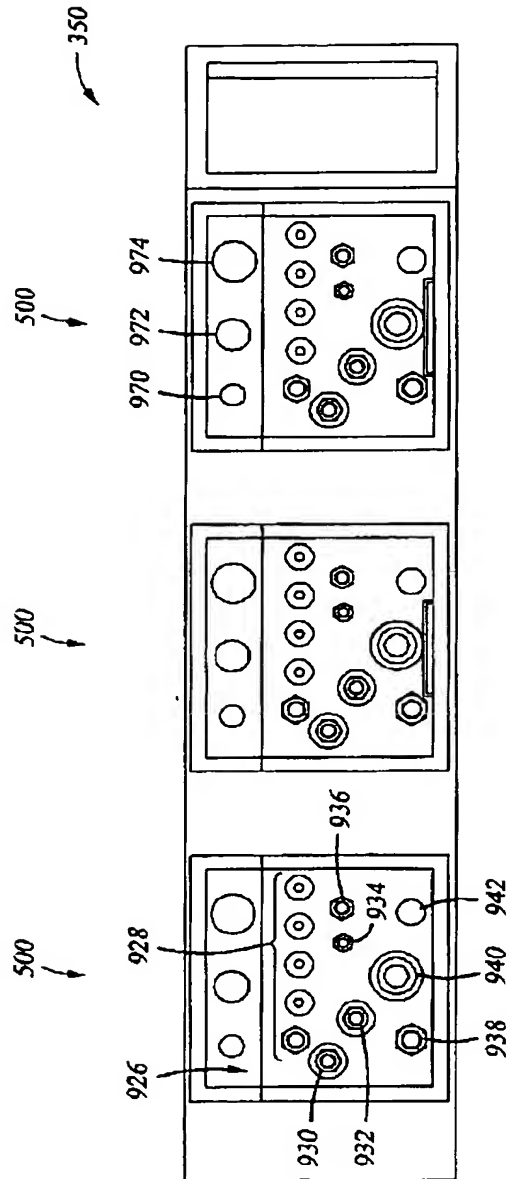


Fig. 10

CHAMBER TRAY 3D VIEW

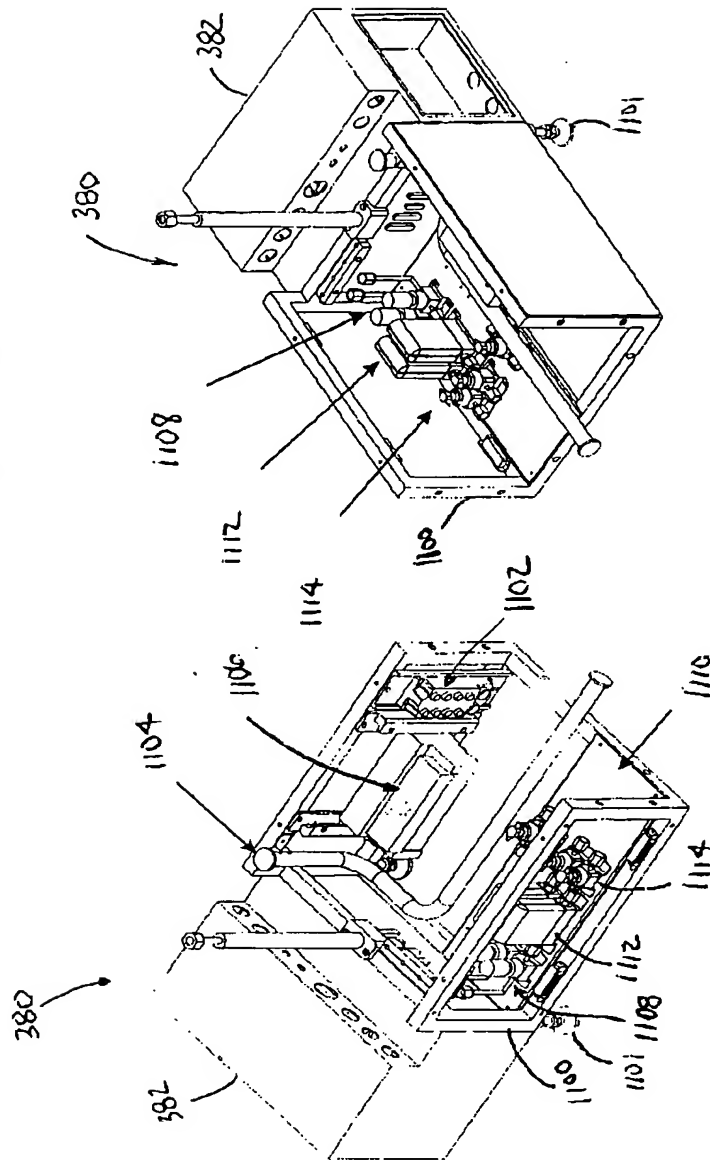


FIG. 11B

FIG. 11A

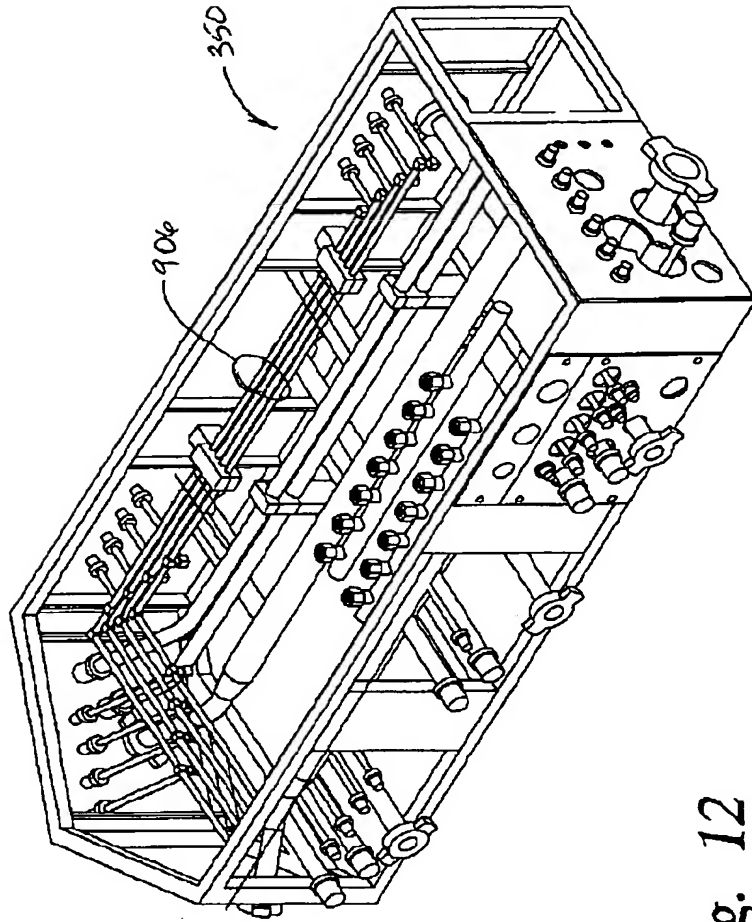
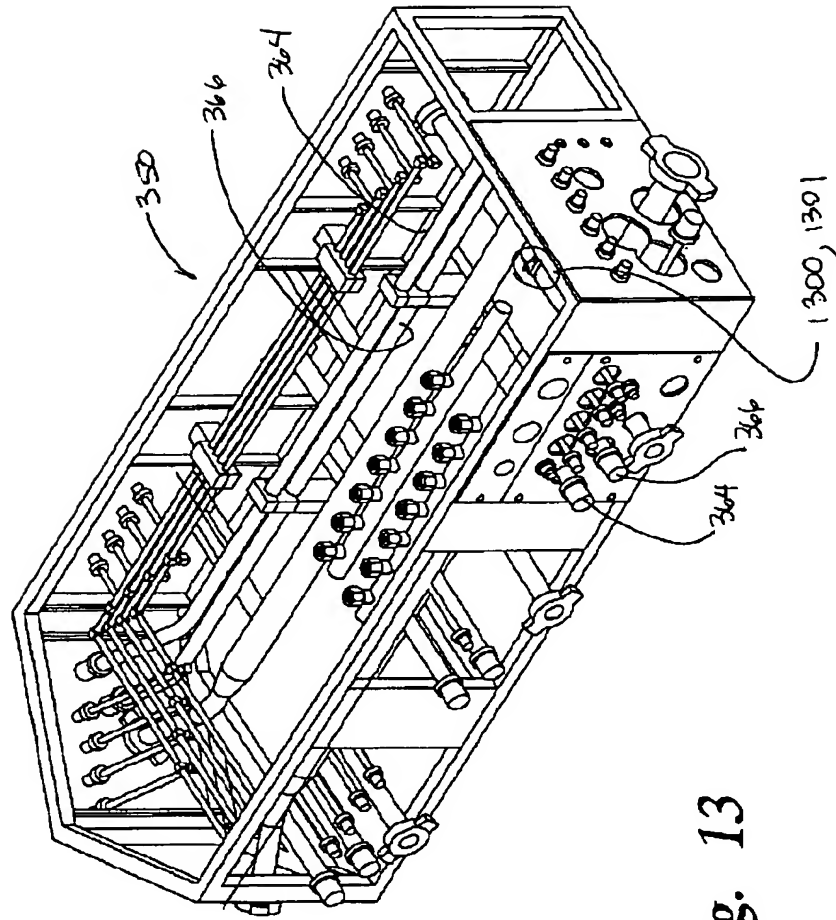


Fig. 12

**Fig. 13**

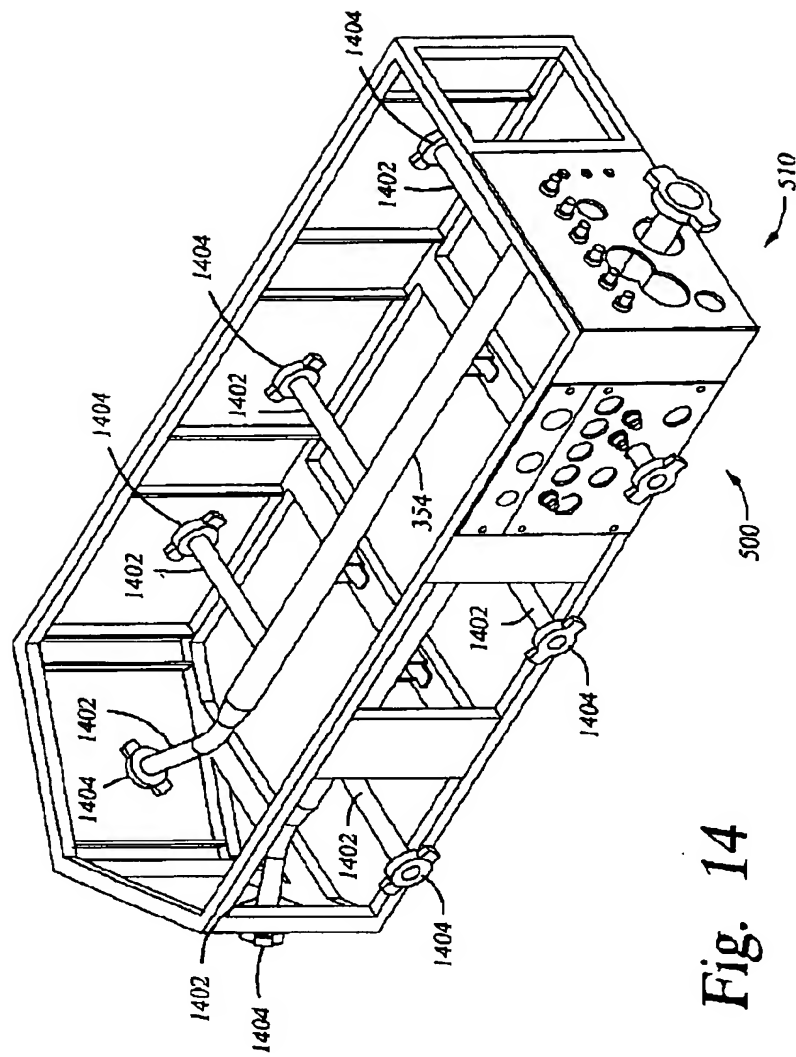


Fig. 14

COOLING WATER SUPPLY & RETURN

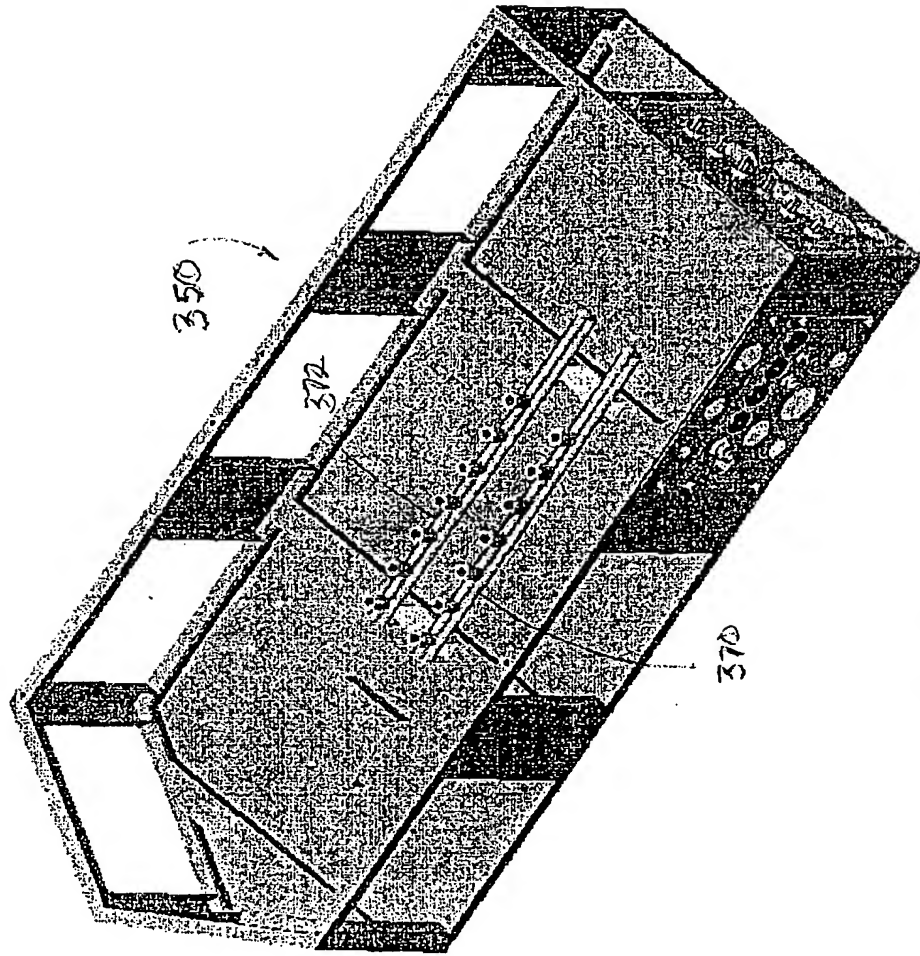


FIG. 15

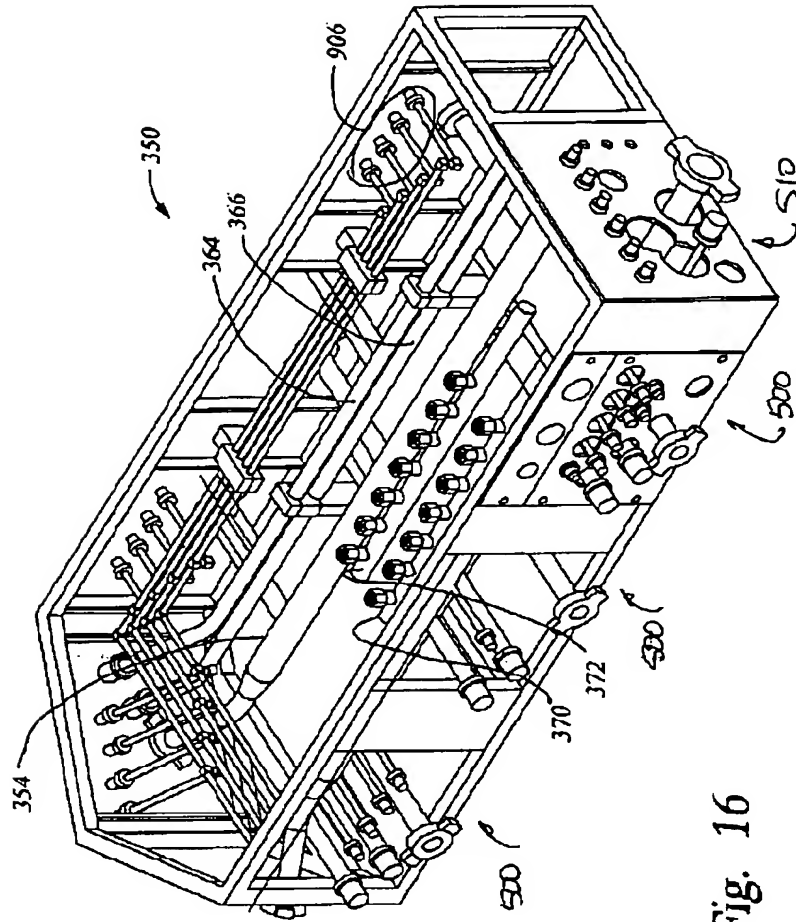


Fig. 16

CROSS SECTION VIEW OF MAINFRAME PLUMBING TRAY

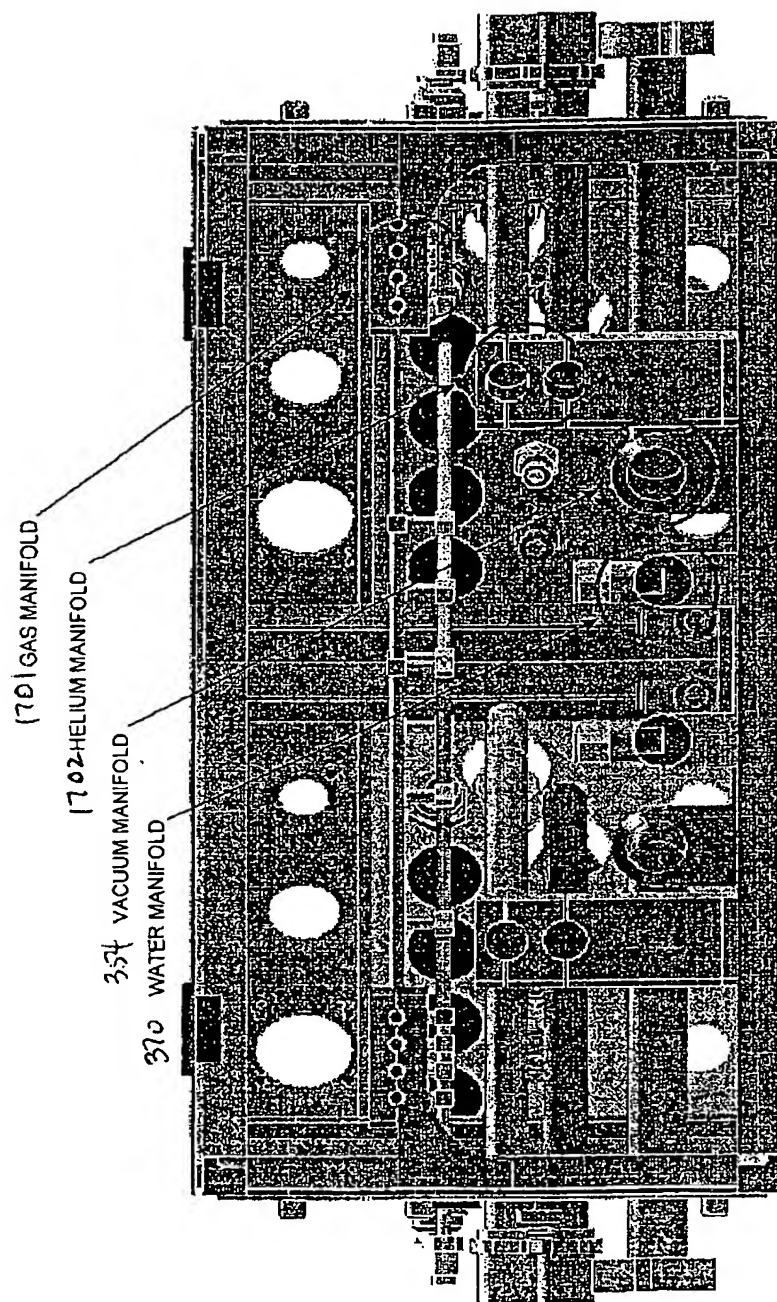
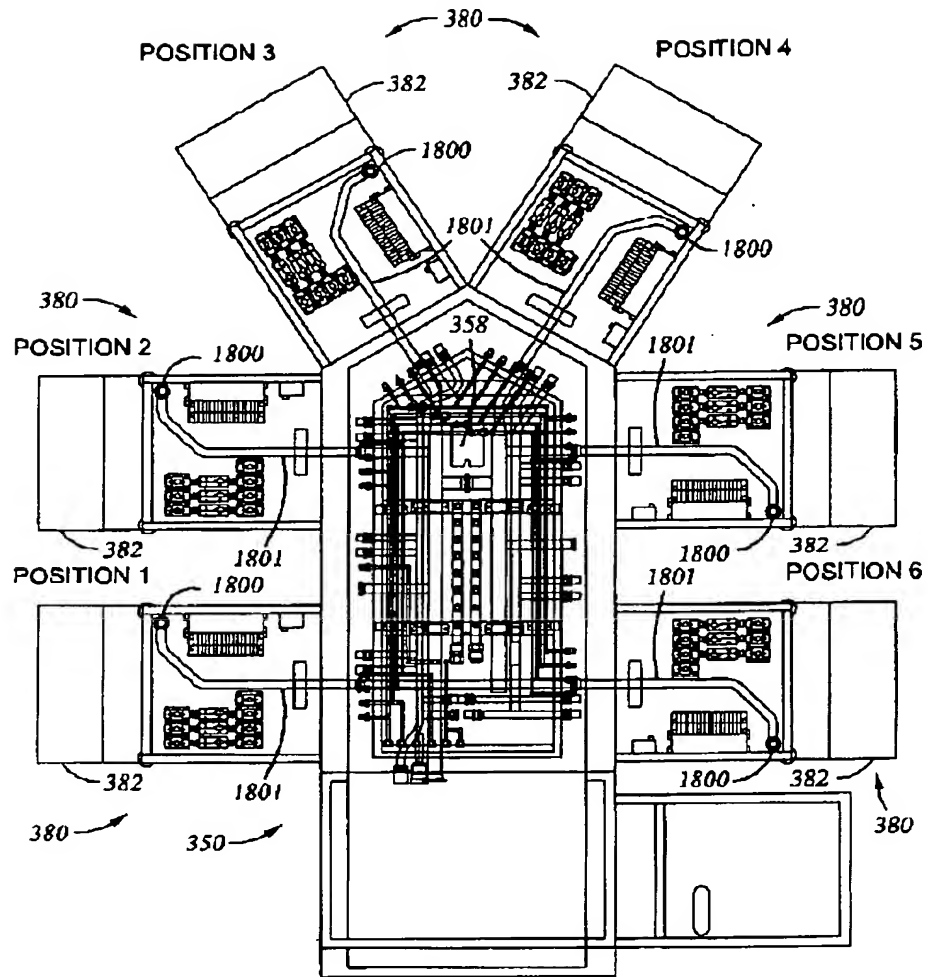
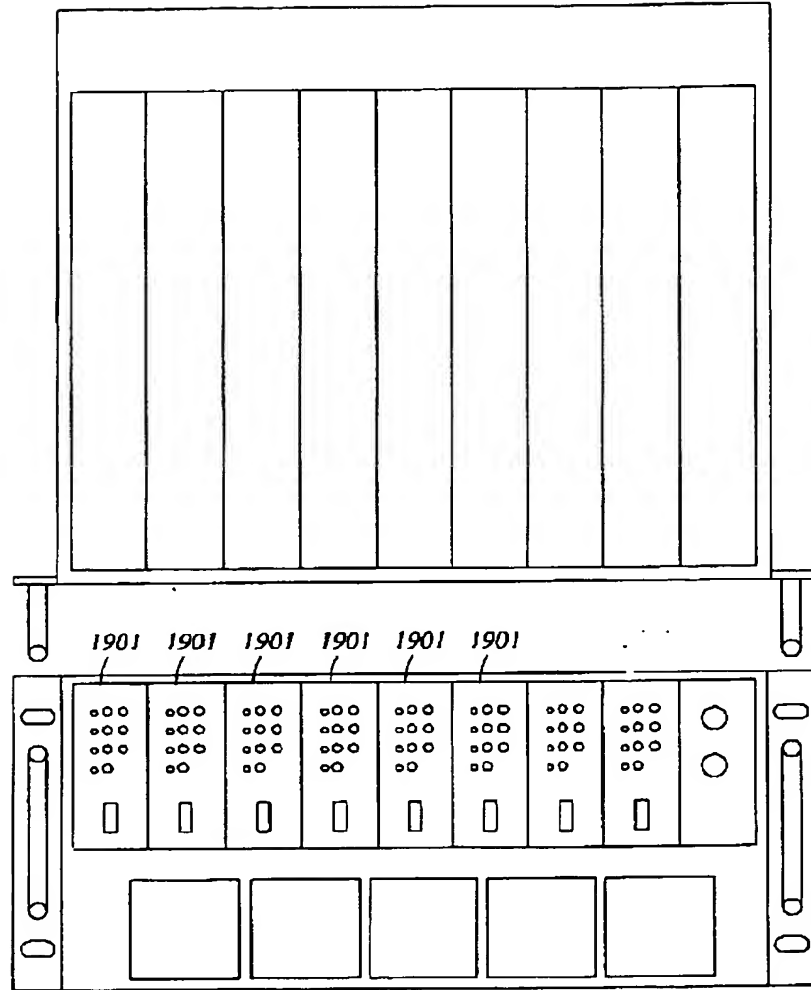
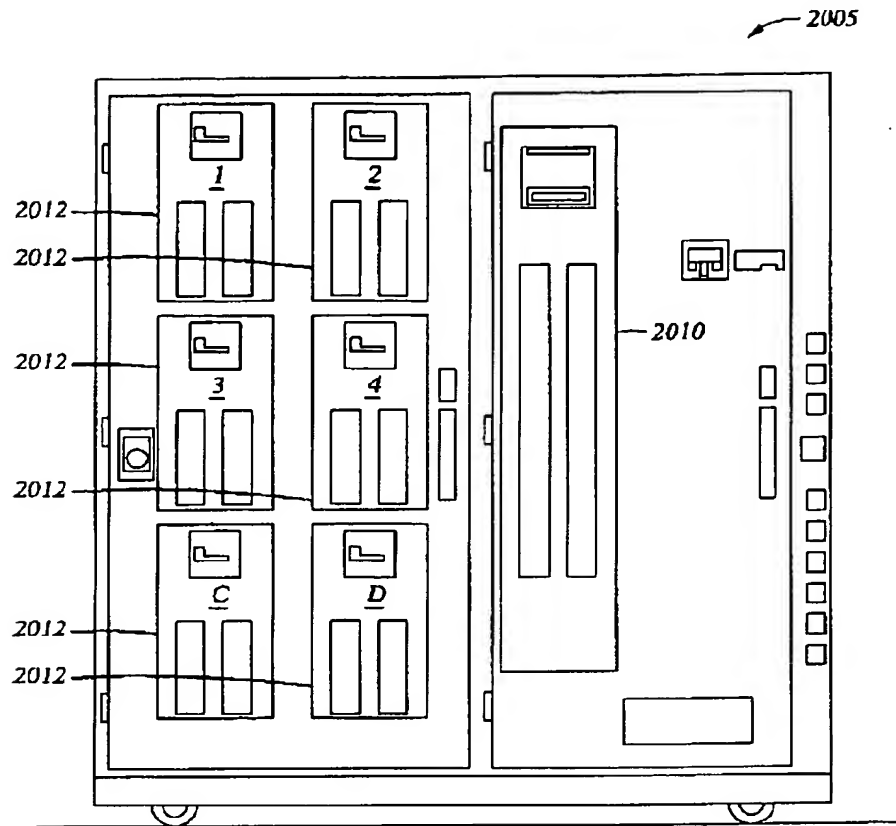


FIG. 17

*Fig. 18*

*Fig. 19*

*Fig. 20*

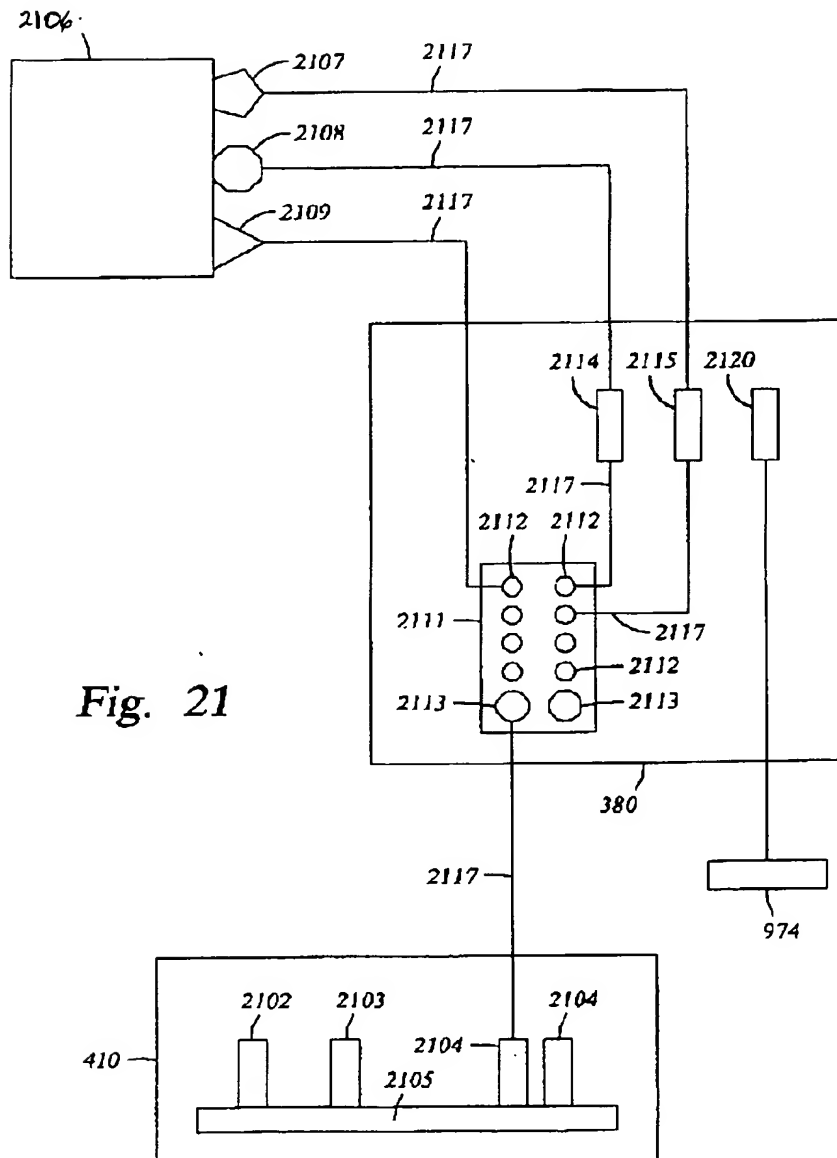
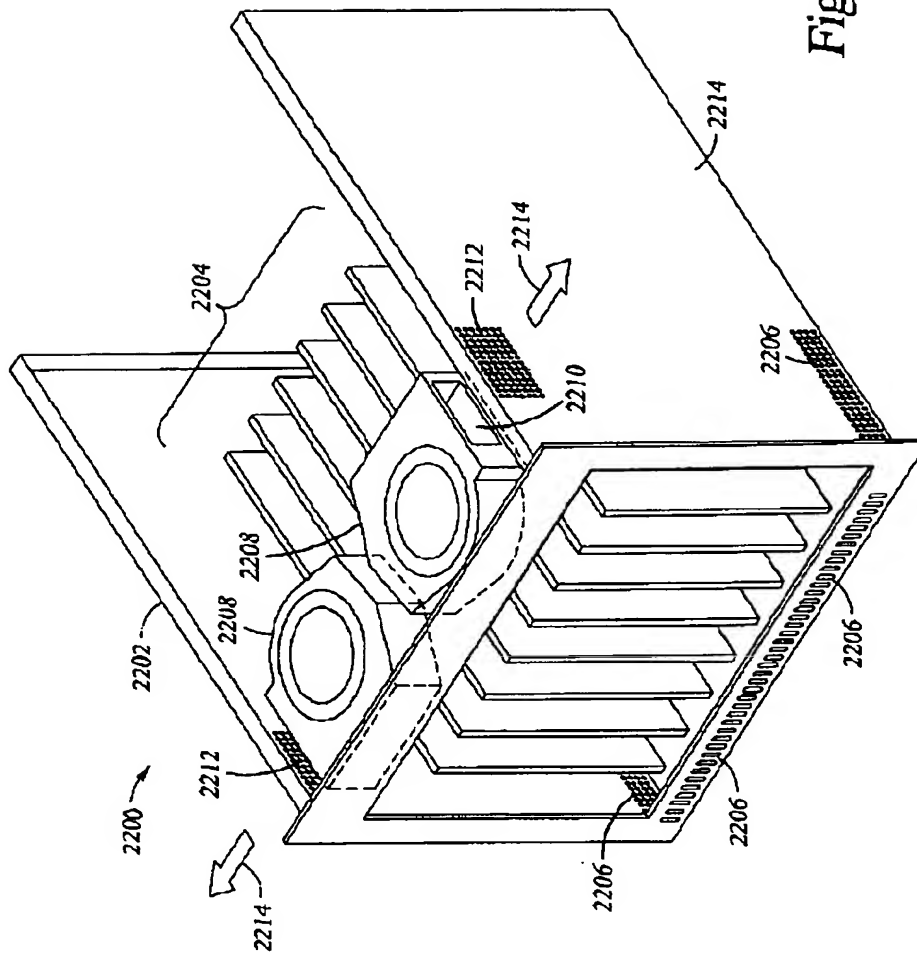


Fig. 21

Fig. 22



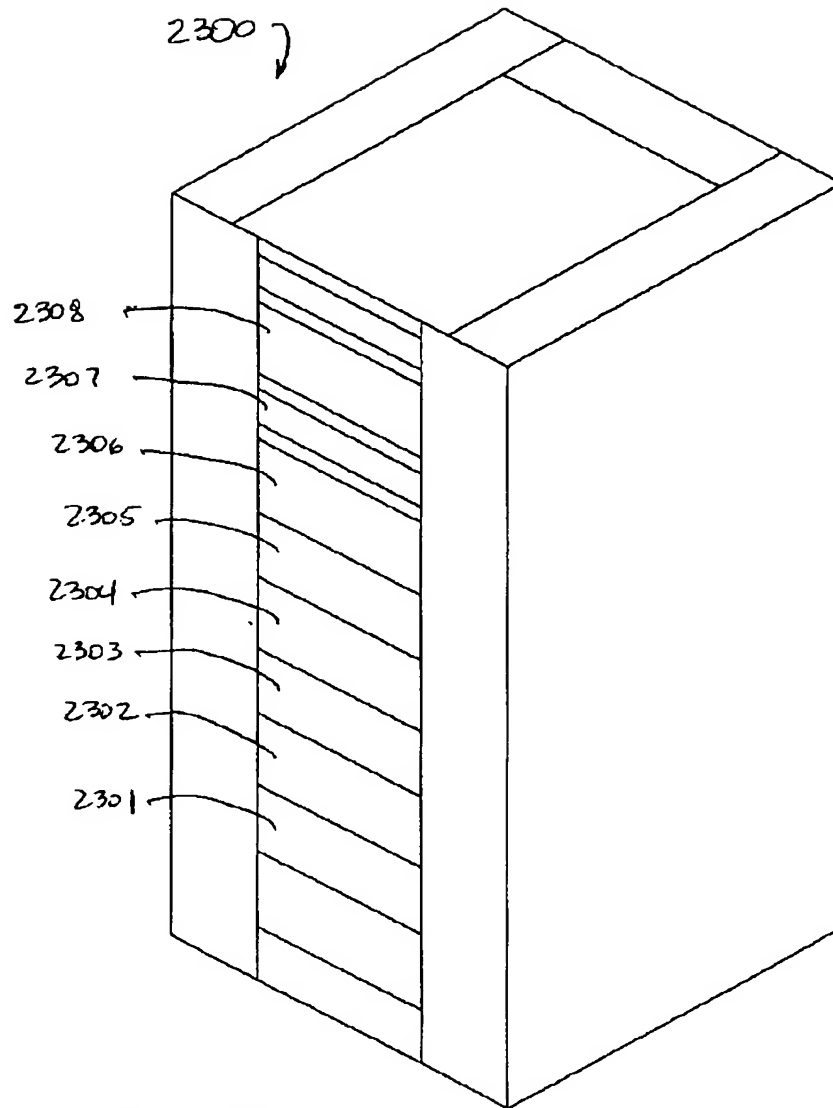
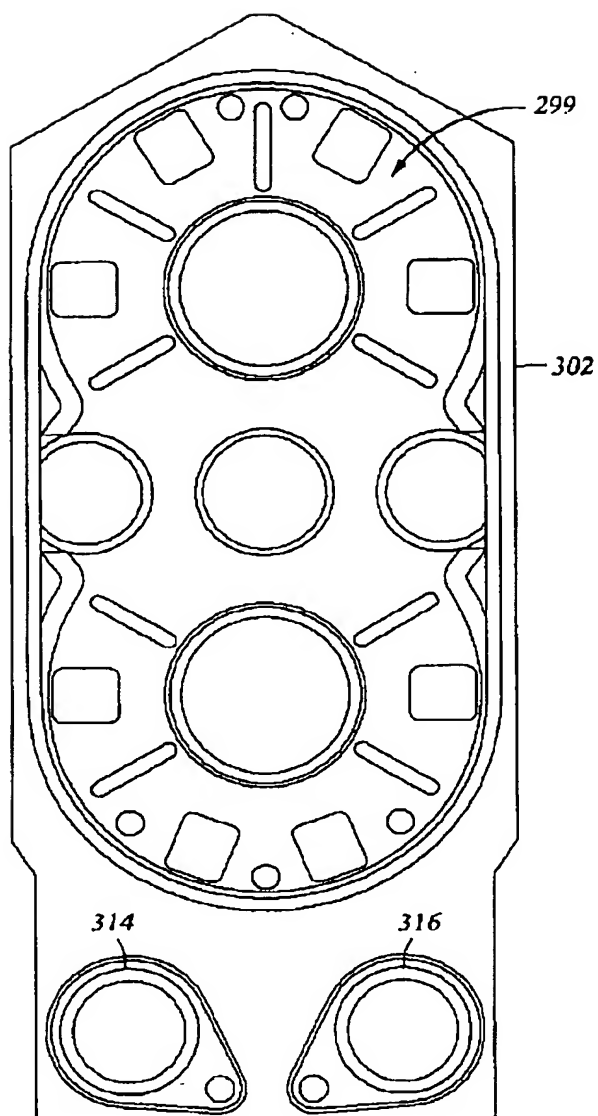


Fig. 23

*Fig. 24*

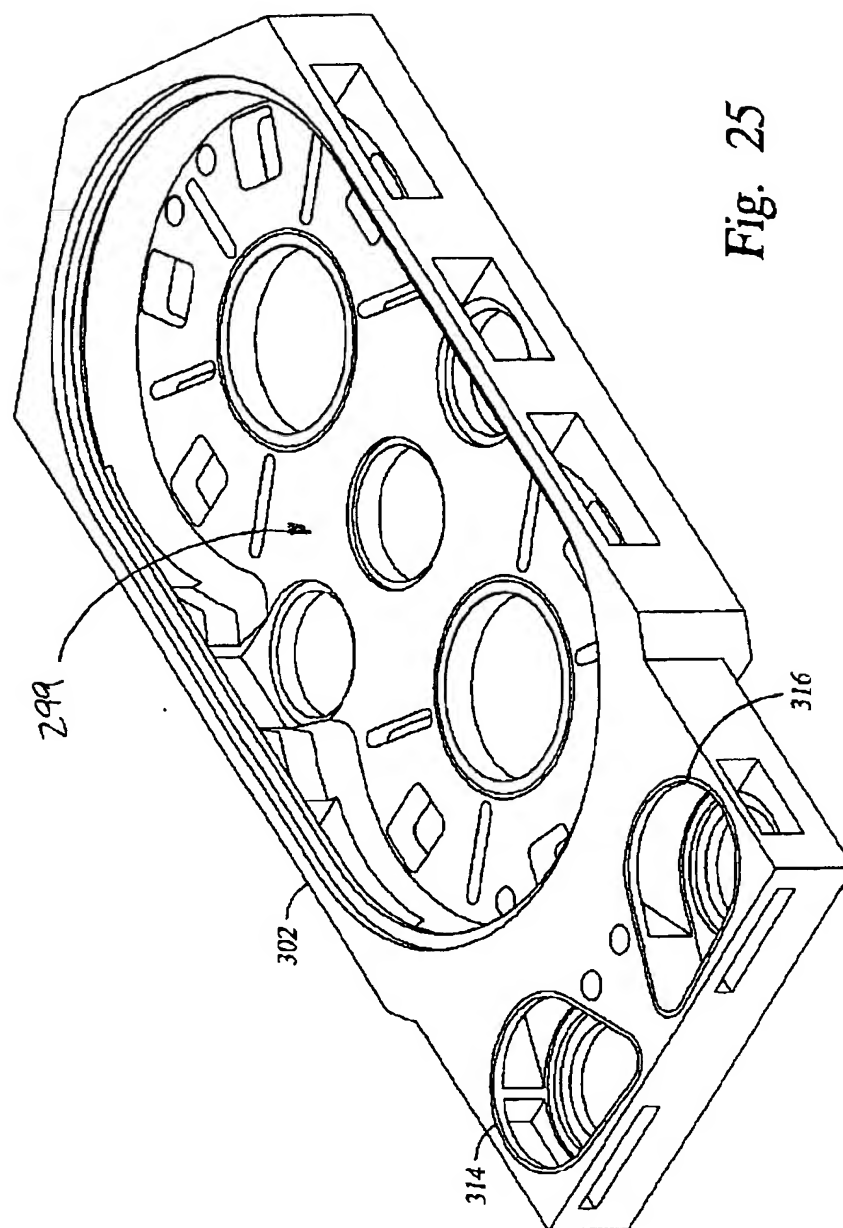


Fig. 25

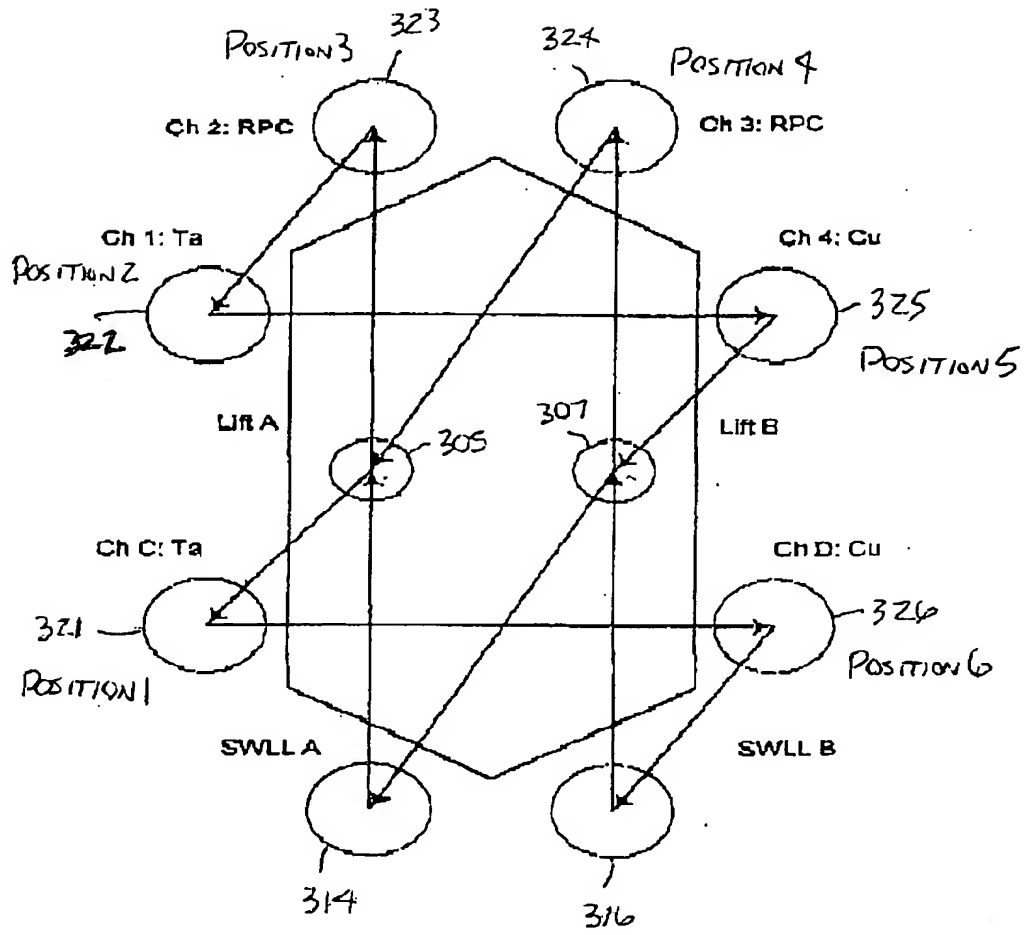
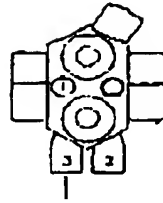
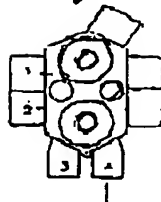


FIG. 26

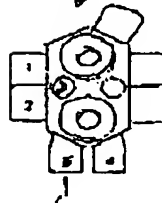
2 Fig. 29



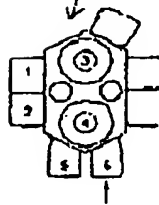
3 Fig. 30



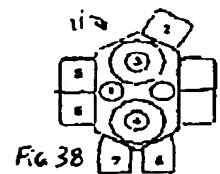
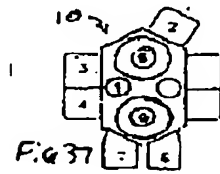
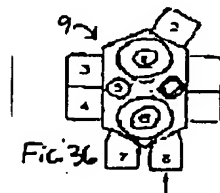
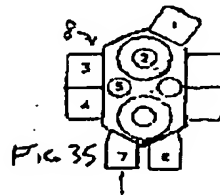
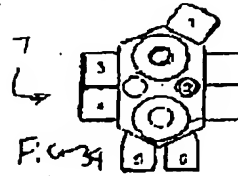
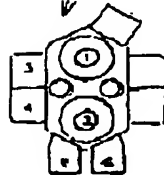
4 Fig. 31

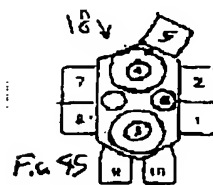
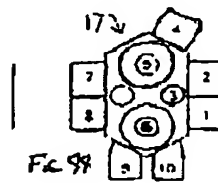
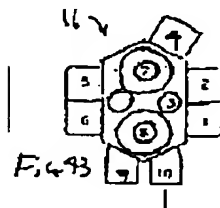
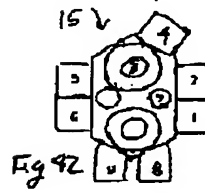
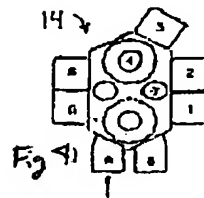
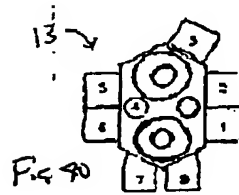
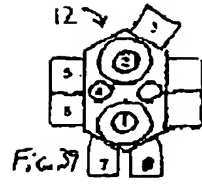


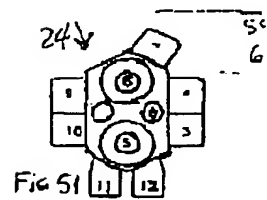
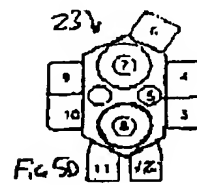
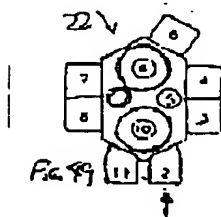
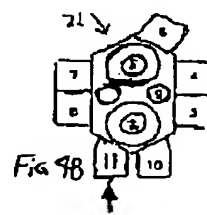
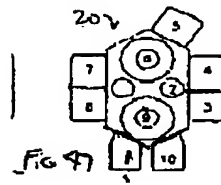
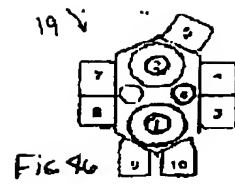
5 Fig. 32

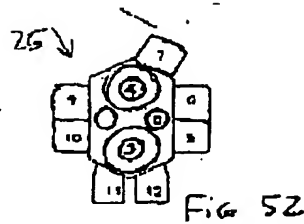


6 Fig. 33









1 Abstract

The present invention generally provides a modular vacuum processing system which includes a mainframe supporting a transfer chamber, one or more load locks and process chambers mounted to the transfer chamber, a modular mainframe plumbing tray and chamber trays associated with the process chambers. Methods of processing substrates and sequencing substrates through the system are also provided.

2 Representative Drawing Fig. 3